www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

JAARGANG 24, 1962, no. 1 blz. 1-44 Verschenen 8 juni 1962

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELEND TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

TECHNISCHE VRUCHTEN VAN KERNFYSISCH ONDERZOEK

door W. J. OOSTERKAMP *).

621.039

*Onderstaand artikel is ontleend aan de rede, uitgesproken op 26 januari 1962 door prof. dr. ir. W. J. Oosterkamp bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Eindhoven **). De rede werd verlucht met de projectie van een reeks lantaarnplaatjes. Een deel hiervan, aangevuld met nog andere afbeeldingen, is hier in de tekst verwerkt. Voorts zijn een aantal literatuuraanhalingen toegevoegd.*

De technische vruchten van het omvangrijke kernfysische onderzoek, dat in de afgelopen 30 jaar in zeer vele laboratoria heeft plaatsgevonden, zijn o.a.:

1) een duidelijk inzicht betreffende de werkwijze van elektrische versnellers en een grote ervaring bij de constructie van dergelijke apparaten. Zij dienen voor het versnellen van deeltjes, b.v. elektronen, tot zeer grote energieën, zonder dat overeenkomstig hoge elektrische spanningen nodig zijn. Hiervan wordt een dankbaar gebruik gemaakt bij de vervaardiging van apparaten ter opwekking van zeer doordringende röntgenstralen, welke toepassing vinden bij het niet-destructief materiaalonderzoek van dikke werkstukken en bij bestralingen van kwaadaardige gezwellen. Voor het laatste worden ook wel energierijke elektronenstralen gebruikt;

2) de mogelijkheid om op industriële schaal talrijke kunstmatige radioactieve stoffen, welke toepassing vinden in de chemie, de biologie, de geneeskunde, de landbouw en de techniek, te produceren;

3) een nieuwe bron van energie ter dekking van de toenemende energiebehoeften der wereld.

Deze drie punten zullen hier in kort bestek worden behandeld, maar het lijkt nuttig eerst iets over de gevaren van het toepassen der kerntechniek te zeggen.

Gevaren van de kerntechniek

De gevaren zijn tweeërlei: de radioactieve straling en de kans op explosies. Over dit laatste punt zal ik kort zijn. Gevaar van explosies komt bij vele technische installaties voor. Thans worden bij voorbeeld in elektrische centrales stoomdrukken van 175 atm en temperaturen van bijna 600 °C toegepast; waterstofgas met een druk van 50 atm bij een temperatuur van 500 °C is bij de vervaardiging van benzine algemeen gebruikelijk. Op mij als leek op dit gebied maken deze voorbeelden een uiterst gevaarlijke indruk; toch veroorzaakt hun gebruik — voor zover mij bekend — geen grote catastrofes.

Uitvoeriger wil ik ingaan op het stralingsgevaar. Wanneer energierijke geladen deeltjes, zoals alfa- en bèta- of andere elektronenstraling, door materie gaan, dan zullen ze langs hun baan atomen en moleculen ioniseren of in een aangeslagen toestand brengen, waarbij ze telkens iets van hun energie afstaan, totdat ze tot rust zijn gekomen. Eén deeltje brengt, afhankelijk van zijn aanvangsenergie, op deze wijze tienduizenden ionen en aangeslagen atomen teweeg. Bij straling van niet-geladen deeltjes, zoals neutronen en röntgen- of gammafotonen, bestaat de mogelijkheid dat in wisselwerking met materie een energierijk geladen deeltje wordt vrijgemaakt, zoals een elektron of terugstootkern, dat soortgelijke ionisaties enz. veroorzaakt. Ionisatie en aanslag kunnen een chemische verandering in het getroffen molecuul teweegbrengen en, wanneer dit molecuul deel uitmaakt van een levende cel,

*) Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.
**) De rede is in enigszins verkorte vorm uitgegeven door Uitg. Centrex, Eindhoven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een biologisch effect veroorzaken zodanig dat de cel beschadigd of gedood wordt. Het gevolg van grote doses straling kan een ernstig lichamelijk letsel zijn, zoals de röntgenverbrandingen, welke in de aanvangsperiode van het gebruik van röntgenstralen nogal veelvuldig voorkwamen. Herstel van een dergelijke somatische beschadiging is in belangrijke mate mogelijk, en wel des te volledíger naarmate de stralingsdosis kleiner was. De maximale tegenwoordig toegelaten doses — welke uiteraard niet gelden voor therapeutische bestralingen — zijn veel geringer dan die welke een somatisch letsel veroorzaken.

Uit dierproeven is gebleken dat ioniserende straling in de geslachtscellen mutaties ten gevolge kan hebben, welke cumulatief en blijvend zijn. Hiervan merkt het dier zelf niets, maar de gevolgen kunnen zich in latere generaties openbaren en, naar men aanneemt, doorgaans in ongunstige zin. Onderzoekingen van Sobels te Leiden [1]) kunnen wellicht de weg wijzen naar een doelmatige bescherming tegen beschadigingen van de dragers der erfelijke eigenschappen bij de mens. Het is onzeker of voor deze erfelijke veranderingen een drempelwaarde bestaat, d.w.z. een dosis waarbeneden geen effect optreedt. Vele deskundigen achten een drempelwaarde onwaarschijnlijk, zodat ook de kleinste doses een erfelijk effect kunnen veroorzaken, waarvan de waarschijnlijkheid echter ook overeenkomstig klein is.

Een mens kan blootgesteld worden zowel aan straling die van buiten tot hem komt, als aan straling welke afkomstig is van radioactieve stoffen die zich in zijn lichaam bevinden, hetzij van nature, hetzij naar binnen gekomen met de ademhalingslucht, het drinkwater, de voeding of op nog andere wijze. Alleen al ten gevolge van het natuurlijke radioactieve kaliumisotoop K-40 en van het radioactieve koolstofisotoop C-14 vinden in een menselijk lichaam van 70 kg ca. 7000 radioactieve desintegraties per seconde plaats, d.w.z. er worden per seconde voortdurend 7000 projectielen afgevuurd, die gemiddeld ieder ca. 10 000 ionisaties veroorzaken. Dat is al 0,5 miljoen jaren van generatie op generatie aan de gang, hetgeen de mens echter niet te gronde heeft gericht. Daarbij komen dan nog een ongeveer gelijke dosis ten gevolge van de kosmische straling en een dubbel zo grote dosis afkomstig van de radioactiviteit van de naaste omgeving.

Door een internationale commissie zijn normen vastgelegd betreffende de maximale toelaatbare stralingsdoses en maximale toelaatbare concentraties van radioactieve stoffen in de lucht, het drinkwater en het menselijk lichaam [2]). De bases voor deze normen, voor zover zij op een genetisch effect betrekking hebben, zijn ten dele proeven met dieren, in het bijzonder bananevliegen en muizen, verder het niveau van de natuurlijke straling en het feit dat dit natuurlijke stralingsniveau van plaats tot plaats nogal ver uiteen kan lopen. De natuurlijke dosis bedraagt op de meeste plaatsen op zeeniveau ca. 100 millirad/jaar [3]), hetgeen betekent een energieabsorptie in het menselijk lichaam van 30 picowatt per kg. Er zijn echter ook vrij dicht bevolkte streken waar zij aanzienlijk hoger is: in Bolivië is de dosis 30 procent hoger, ten gevolge van de grote hoogte (3000-4000 m); in een ca. 7 miljoen inwoners omvattend gedeelte van Frankrijk ongeveer het dubbele, door de radioactieve bestanddelen van de granietrotsen; en in een gedeelte van de staat Kerala in India met een inwonertal van 100 000 bijna het tienvoudige, ten gevolge van het daar voorkomende monazietzand. De Wereldgezondheidsorganisatie is in de laatstgenoemde streek een erfelijkheidsonderzoek van de bevolking begonnen [4]).

Een tiental jaren geleden is men in verband met de verwachte toeneming der toepassing van radioactieve stoffen en van de kernenergie en de daarmede gepaard gaande grote produktie van radioactief afval in verschillende landen een onderzoek gaan instellen naar de door de mens veroorzaakte blootstelling aan ioniserende straling. Men kwam tot de niet verwachte conclusie dat het medisch-diagnostisch onderzoek met röntgenstralen daaraan het grootste aandeel heeft [5]). In sommige landen is de genetisch belangrijke dosis ingevolge diagnostisch onderzoek ongeveer even groot als de natuurlijke dosis, terwijl alle andere kunstmatige bronnen, inclusief de radioactieve neerslag ten gevolge van atoombomproeven, een dosis van slechts enkele procenten van de natuurlijke straling veroorzaken. Toen dit feit eenmaal was geconstateerd, hebben zowel de radiologen — in Nederland op initiatief van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie

[1]) Persoonlijke informatie door Prof. Dr. F. M. Sobels, Laboratorium voor Stralengenetica der Rijksuniversiteit, Leiden.

[2]) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted September 9, 1958), Pergamon Press, Londen 1959.
Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Report of Committee II: Permissible Dose for Internal Radiation, Pergamon Press, Londen 1959.

[3]) Voor de definitie van de rad en andere dosiseenheden, zie b.v. J. Hesselink en K. Reinsma, Dosismeters voor röntgenstraling, Philips techn. T. **23**, 47-59, 1961 (no. 2).

[4]) Persoonlijke informatie.

[5]) Exposure of man to ionizing radiation arising from medical procedures, Report of the ICRP and ICRU, Physics in Medicine and Biology **2**, 107-151, 1957.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en van de Gezondheidsraad — als de ontwerpers van medische röntgenapparatuur middelen beraamd ter verbetering van deze situatie. Het resultaat is, dat gezaghebbende medici van mening zijn dat de medisch-diagnostische dosis in belangrijke mate gereduceerd kan worden zonder aan de waarde van het onderzoek enige afbreuk te doen.

Voor de bescherming tegen stralingsgevaar in het algemeen kan geconstateerd worden dat de huidige meetmethodes en -apparaten toereikend zijn om na te gaan of de dosis straling en de concentraties van radioactief materiaal binnen de gestelde veiligheidsgrenzen blijven. Bovendien wordt het technisch uitvoerbaar geacht aan de normen te voldoen. Een noodzakelijke voorwaarde is echter de bereidheid gedisciplineerd te werken. Lagere dosisniveaus dan de maximale in de internationale normen toelaatbaar geachte zijn ook wel te realiseren. Dit brengt sterk toenemende kosten mee. Hier rijst een ernstig beleidsprobleem. Men moet tegen elkaar afwegen de heilzame vruchten van deze technische vooruitgang, de kosten daarvan, inclusief die voor de bescherming, en anderzijds de risico's. Dan is ook van belang een vergelijking met andere risico's waaraan de mens zich welbewust blootstelt, zoals b.v. het wegverkeer, dat in Nederland ca. 2000 doden per jaar veroorzaakt.

Wat betreft de tegenwoordige situatie, de gezondheids- en ongevallenstatistieken van de industrieën en onderzoekcentra op het gebied der kernenergie geven een gunstig beeld in vergelijking met andere industrieën.

Nu wil ik enkele der reeds genoemde vruchten van het kernfysisch onderzoek de revue laten passeren. Als eerste zijn genoemd de versnellers.

Deeltjesversnellers voor industrieel en medisch gebruik

Het gaat in dit verband alleen om elektronenversnellers, die o.a. worden gebruikt voor de opwekking van zeer doordringende röntgenstralen. Röntgenstralen worden in de regel verkregen doordat men snelle elektronen tegen een trefplaat laat botsen. Naarmate de energie van de elektronen groter is, is de opgewekte röntgenstraling doordringender. Dit is van belang voor de medische bestraling van gezwellen die ver onder de huid liggen. Voor dat doel was vóór 1940 in het Antoni van Leeuwenhoekhuis te Amsterdam een röntgenbuis opgesteld die op een spanning van 800 kV werkte [6]). Deze buis was, om elektrische overslag te voorkomen, een samenstel van gecompliceerde glazen constructies, isolatoren en elektrodes, dat onbeweeglijk opgesteld was. De buis werd gevoed door een open hoogspanningsgenerator. Na 1945 werd door toepassing van de tijdens de oorlog voor radardoeleinden sterk ontwikkelde techniek der microgolven een veel eleganter apparaat mogelijk: de lineaire versneller [7]). Hierbij krijgen de elektronen, zonder dat zeer hoge spanningen nodig zijn, een zeer grote energie, welke in principe onbegrensd is, als men de versneller maar lang genoeg maakt en voldoende hoogfrequentievermogen toevoert. In de Verenigde Staten (Stanford University) bestaat een project voor een bijna 3 km lange versneller met een eindenergie der elektronen van 20 000 miljoen elektronvolt, op den duur te verhogen tot 45 000 MeV. Voor de te bespreken toepassingen zijn veel kleinere energieën, ca. 5 MeV, reeds voldoende.

De eerste in Engeland gebouwde lineaire versnellers werden voor kernfysische experimenten gebruikt als neutronengeneratoren [8]). Indien namelijk de trefplaat omgeven wordt door beryllium, dan ontstaan, doordat röntgenstraling in berylliumkernen geabsorbeerd wordt, per kern twee α-deeltjes plus een neutron. Voor grotere elektronenenergieën wordt uranium als trefplaat gebruikt en ontstaan neutronen door kernfoto-effect in de trefplaat zelf.

Een 4-MeV-lineaire versneller voor het maken van röntgenfoto's van zeer dikke metalen werkstukken, b.v. 10-30 cm staal, kan compact zijn en heeft dan een grote mate van manoeuvreerbaarheid. Een dergelijk apparaat wordt gebruikt bij het onderzoek van de lasnaden der reactorvaten van de in Trawsfyndydd (Noord-Wales) in aanbouw zijnde 500-MW-kernenergiecentrale [9]) (*fig. 1*). Het rendement van een met gas gekoelde kernenergiecentrale neemt aanzienlijk toe met de druk van het koelgas. Een grens wordt aan de druk gesteld door de wanddikte van het stalen reactorvat, dat ter plaatse gelast moet worden. Toen de lastechniek vooruitgang boekte en dikkere stalen platen gelast konden worden, moest de röntgenapparatuur daarbij aangepast worden. De straling van de normale röntgenapparaten, die met een spanning van 300 kV — soms 400 kV — werken, bleek niet meer voldoende door-

[6]) J. H. van der Tuuk, Een röntgenbuis voor 1 miljoen volt, Philips techn. T. **4**, 161-170, 1939.

[7]) Zie b.v. D. W. Fry, De lineaire elektronenversneller, Philips techn. T. **14**, 225-237, 1952.
C. F. Bareford en M. G. Kelliher, Een lineaire elektronenversneller voor 15 miljoen elektronvolt, Philips techn. T. **15**, 177-205, 1953.

[8]) J. D. Cockcroft, High-energy electron accelerators as pulsed neutron sources, Nature **163**, 869, 1949.

[9]) R. F. Hanstock, Electron accelerators for site radiography, Nuclear Power, februari 1961.
De versneller, gebruikt voor het in fig. 1 afgebeelde onderzoek, is beschreven in: T. R. Chippendale, Een 4-MeV-röntgeninstallatie voor materiaalonderzoek, Philips techn. T. **23**, 309-328, 1961 (no. 10).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

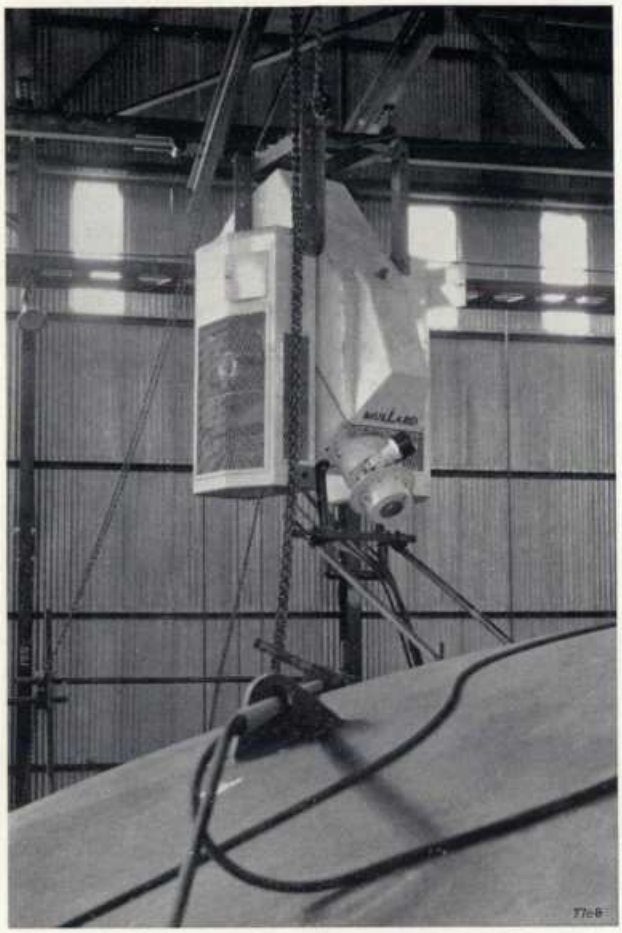


Fig. 1. Röntgenapparaat met een lineaire versneller voor 4 MeV (Mullard), in gebruik voor het onderzoek der lasnaden van een reactorkoepel in de in aanbouw zijnde kernenergiecentrale te Trawsfyndydd in Noord-Wales [9]). (Gereproduceerd met toestemming van Atomic Power Constructions Ltd.)

dringend te zijn, zodat voor de nieuwste reactorvaten, die een wanddikte tot bijna 12 cm hebben, de γ-straling van radioactief kobalt-60 gebruikt wordt en sinds ongeveer een jaar ook de 4-MeV-lineaire versneller, waarvan de stralingsintensiteit ongeveer 30 maal groter is dan die van een kobaltbron van één kilocurie. Er zijn aanwijzingen dat voor de controle der lasnaden van dergelijke grote wanddikten noch het ene noch het andere de beste methode is, maar dat met ultrasone straling betere resultaten bereikt kunnen worden. Deze twijfel over de nuttigheid van de lineaire versneller bestaat echter niet voor het onderzoek van grote gietstukken.

Vooral in Groot-Brittannië vindt de lineaire versneller veel toepassing voor de röntgentherapie (*fig. 2*). Onlangs werd de lineaire versneller op het jaarlijkse Britse Röntgencongres betiteld als het „werkpaard" van de röntgentherapie-afdeling [10]). Een vergelijking tussen een 4-MeV-lineaire versneller en de hiervóór genoemde glazen röntgenbuis voor 800 kV toont de volgende vooruitgang: grotere compactheid, vijfvoudige elektronenenergie, 25-voudige doseringssnelheid, grote beweeglijkheid en afwezigheid van open hoogspanning.

Indien de energie van de voor opwekking van röntgenstralen gebruikte elektronen 5 MeV overschrijdt, worden de röntgenstralen niet overeenkomstig doordringender. Dit is wel het geval met elektronenstraling. Daarvan is de indringingsdiepte ongeveer evenredig met de energie, ca. 0,3 cm/MeV. Soms kan bij de stralentherapie de dosisverdeling in het bestraalde lichaam gunstiger zijn bij bestraling met elektronen dan met röntgenstralen. Daardoor heeft de bestraling met elektronen ingang gevonden. Om diep gelegen gezwellen te kunnen bereiken, zijn dan echter elektronenenergieën van 20 MeV en nog meer vereist. Voor deze energieën wordt een lineaire versneller onhandelbaar lang, daar globaal gesproken de lengte daarvan 2 m per 10 MeV bedraagt.

Dan komen andere constructies in aanmerking: versnellers waarbij de elektronen op cirkelvormige banen lopen, zoals bètatrons. Met behulp van een magneetveld loodrecht op de snelheid kan men elektronen een cirkelbaan laten doorlopen. Versnelling met een lopende golf is dan niet goed mogelijk, maar men kan een versnelling teweegbrengen door het elektrische veld dat geïnduceerd wordt door een verandering van het magnetische veld waarin de elektronen lopen. De energiewinst per omloop is slechts gering, van de orde van grootte van 10 eV, zodat een elektron voor het bereiken van een energie van enkele tientallen MeV enige miljoenen malen moet rondlopen en daarbij een afstand van enkele duizenden km aflegt.

Een bètatron kan met wisselstroom van 50 Hz gevoed worden; mede daardoor is het een zeer eenvoudig apparaat. Voor het goed functioneren moet echter aan drie voorwaarden worden voldaan; er was ca. 20 jaar nodig om deze te onderkennen.

De eerste ideeën betreffende cyclische versnelling van elektronen door middel van magnetische inductie zijn door Slepian in 1922 in een Amerikaans octrooi beschreven. Hij heeft er verder — voor zover bekend — geen uitvoering aan gegeven. Ongeveer ter zelfder tijd had Wideröe, die aan de Technische Hogeschool te Karlsruhe elektrotechniek studeerde, soortgelijke ideeën. Deze leidden tot een uitvoerig experimenteel onderzoek, waarop hij te Aken de doctorsgraad verkreeg [11]). Hij leidde de voorwaarde

[10]) C. W. Miller, Brit. J. Radiology **35**, 182, 1962.

[11]) R. Wideröe, Über ein neues Prinzip zur Herstellung hoher Spannungen, Arch. Elektrotechn. **21**, 387-406, 1928. — Over de grondslagen van het bètatron zie ook b.v. A. Bierman en H. A. Oele, Bètatrons met en zonder ijzeren juk, Philips techn. T. **11**, 65-78, 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

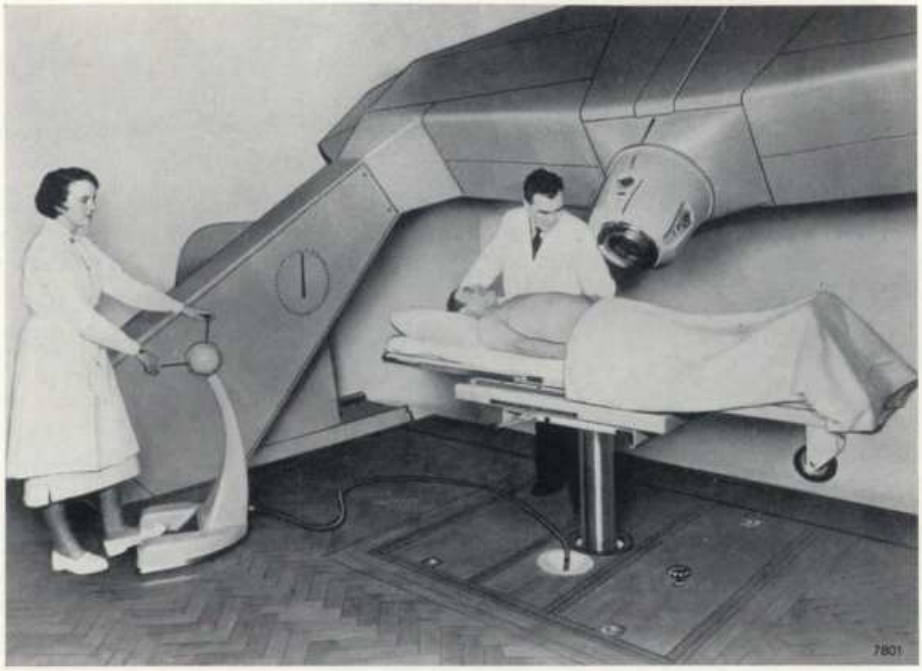


Fig. 2. Installatie voor röntgentherapie, uitgerust met een lineaire versneller voor 4 MeV (Mullard).

af waaraan het magnetisch veld moet voldoen opdat de elektronen steeds dezelfde cirkel beschrijven. Zijn experimenten leverden echter geen positief resultaat op. Meer resultaat had hij met eveneens in zijn dissertatie beschreven proeven die als voorlopers van de lineaire versneller beschouwd kunnen worden; energieën van ca. 2 MeV werden daarbij bereikt.

Steenbeck kwam omstreeks 1935 in het Siemenslaboratorium tot het stabiliteitscriterium waaraan voldaan moet worden opdat de elektronenbaan stabiel is tegen kleine storingen [12]). Hij had daardoor experimenteel een gunstig resultaat, doch de verkregen elektronenbundel was zeer zwak. Ook zijn

[12]) M. Steenbeck, Beschleunigung von Elektronen durch elektrische Wirbelfelder, Naturwiss. **31**, 234-235, 1943.

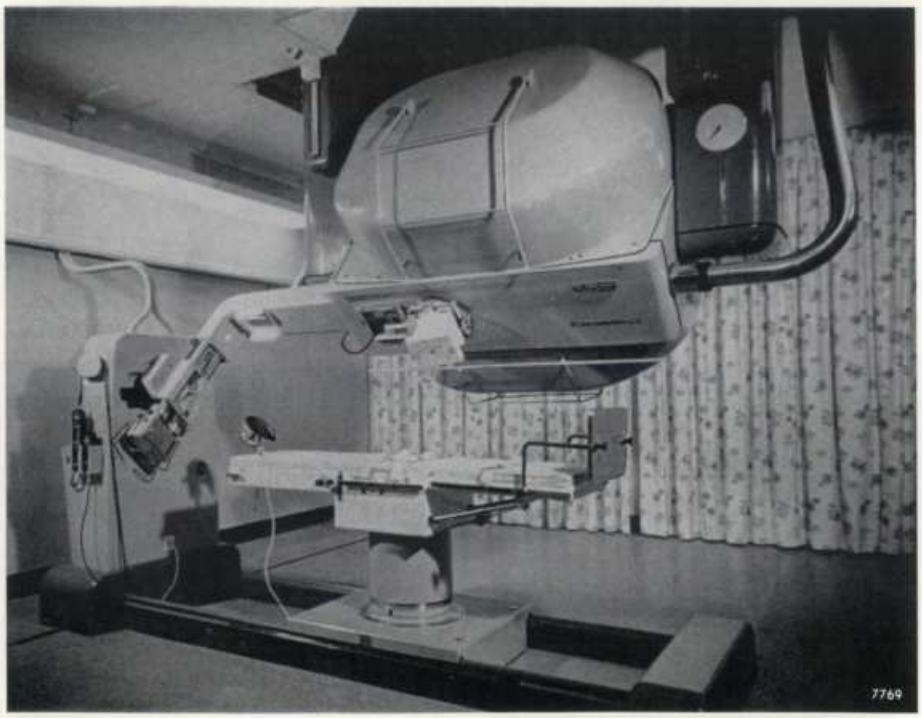


Fig. 3. Bètatron voor therapie met röntgenstralen of elektronen van 5 tot 35 MeV. (Gereproduceerd met toestemming van Brown-Boveri & Co.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 4. Bètatron voor therapie met röntgenstralen of elektronen tot 18 MeV. (Gereproduceerd met toestemming van de Siemens-Reiniger-Werke.)

inzichten werden voorlopig alleen neergelegd in een octrooi. Omstreeks 1940 leidde Kerst aan de universiteit van Illinois het stabiliteitscriterium eveneens af. Bovendien volgde uit zijn berekeningen dat de maximaal verkrijgbare stroom evenredig is met de aanvangsenergie der elektronen en dat een grote startenergie dus gewenst is [13]).

Daarmede was de volledige grondslag gelegd voor de huidige bètatrons. Het bètatron-idee liet Wideröe niet los; in 1944 vatte hij de draad weer op. Het resultaat is een bètatron voor variabele energie van 5 tot 35 MeV, zowel voor röntgenstralen als voor elektronenstralen [14]) (*fig. 3*).

Ook het werk van Steenbeck werd, na een onderbreking, in 1942 voortgezet door Gund en anderen. Dit leidde tot een zeer compact en beweeglijk apparaat, echter voor kleinere energie: maximaal 18 MeV. Het kan eveneens zowel röntgen- als elektronenstralen leveren [15]) (*fig. 4*).

Door de lange verblijftijd der elektronen in de versnellingsbuis is de concentratie van elektrische lading zeer groot en mede daardoor is de gemiddelde stroom in een bètatron betrekkelijk gering: minder dan één procent van die in een lineaire versneller.

Ondanks het feit dat de lineaire versneller en het bètatron reeds op vrij veel plaatsen in de medische praktijk worden gebruikt, is het nog een omstreden punt in hoeverre de therapie met zeer energierijke röntgen- of elektronenstralen werkelijk een vooruitgang is in vergelijking met de conventionele bestralingsmethodes.

Toepassingen van radioactieve isotopen

Kunstmatige radioactieve stoffen worden vervaardigd door bestraling van een stabiel isotoop met neutronen in een kernreactor, door chemische afscheiding uit de splijtingsprodukten van een kernreactor en door bombardement van bepaalde elementen met in een cyclotron versnelde ionen van lichte of zware waterstof [16]). Het feit dat zij radioactieve straling uitzenden, maakt men zich op verschillende wijzen ten nutte.

Een der toepassingen is het gebruik als „tracer", wat in het Nederlands misschien het beste met „verklikker" vertaald kan worden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de omstandigheid dat radioactieve stoffen door hun uitgezonden straling de plaats waar ze zich bevinden en hun concentratie verklikken, terwijl ze zich chemisch net zo gedragen als de stabiele isotopen van hetzelfde element. Door in moleculen welke bij een chemisch of biologisch proces een rol spelen een bepaald atoom te vervangen door een radioactief isotoop, kan men het gedrag van deze moleculen tijdens het proces volgen [17]).

[13]) D. W. Kerst en R. Serber, Electronic orbits in the induction accelerator, Phys. Rev. **60**, 53-58, 1941.

[14]) R. Wideröe, Das Betatron, Z. angew. Physik **5**, 187-200, 1953.

[15]) K. Gund en H. Berger, Die 15-MeV-Elektronenschleuder für medizinische Anwendung der Siemens-Reiniger-Werke, Strahlentherapie **92**, 489-505, 1953.

[16]) Zie b.v. A. H. W. Aten jr. en J. Halberstadt, De produktie van radio-isotopen, Philips techn. T. **15**, 317-329, 1953.

[17]) Voor een overzicht, zie b.v. A. H. W. Aten jr. en F. A. Heyn, De toepassing van isotopen als indicatoren; De techniek van onderzoekingen met radioactieve en stabiele isotopen, Philips techn. T. **8**, 296-303 en 330-336, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Ook in de waterbouwkunde worden radioactieve verklikkers gebruikt, o.a. bij de uitvoering van het Deltaplan. Men is namelijk sterk geïnteresseerd in de veranderingen van het zandtransport door zeestromingen, wanneer ten gevolge van de afdammingen en andere kunstwerken de hydrografische situatie voor de kust ingrijpend verandert. Bij dit onderzoek wordt op een bepaalde plaats van de zeebodem een hoeveelheid zand gedeponeerd dat een bekende hoeveelheid radioactief scandium-46 bevat (*fig. 5*). Vervolgens wordt gedurende een zekere tijd de radioactiviteit van de zeebodem op verschillende punten in de omtrek van de stortingsplaats gemeten, waaruit men dan een conclusie kan trekken over het zandtransport gedurende de meetperiode [18]).

In de geneeskunde wordt radioactief jodium-131 veelvuldig gebruikt voor het onderzoek van de functie van de schildklier. Bij gezonde mensen wordt

Fig. 5. Onderzoek van het zandtransport door zeestromingen, met behulp van een radioactief isotoop. Het in een plastieken zak aangevoerde radioactieve materiaal (scandium-46, opgenomen in zeoliet, een korrelig materiaal dat veel op Noordzeezand lijkt, en vermengd met een hoeveelheid zand) wordt geledigd in een metalen bak. De foto toont hoe de zak met een mesje aan het eind van een stok wordt opengesneden. Een reeds geledigde zak ligt op de voorgrond. De gesloten bak wordt in zee neergelaten en geopend wanneer hij de zeebodem bereikt heeft. (Gereproduceerd met toestemming van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat.)

Fig. 6. Onderzoek van de activiteit van de schildklier met behulp van radioactief jodium-131, dat een tijd van te voren aan de patiënte door de mond is toegediend. De boven de hals van de patiënte geplaatste stralingsopnemer (een scintillatiedetector) is zodanig afgeschermd dat alleen van de schildklier afkomstige gammastraling gemeten wordt. (Gereproduceerd met toestemming van het Ziekenhuis St.-Annadal, Maastricht.)

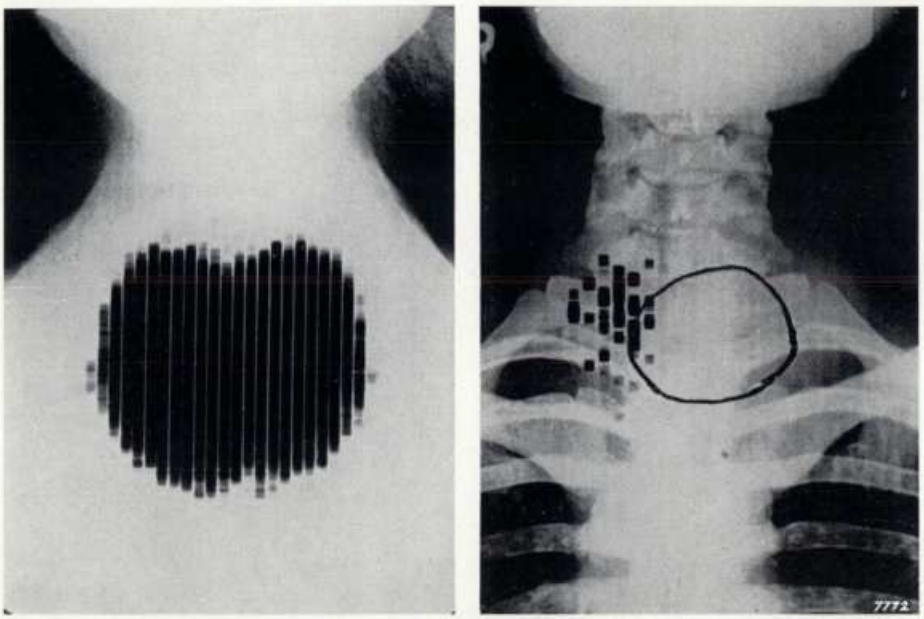
van jodium dat door de mond b.v. in de vorm van natriumjodide is toegediend, na absorptie door de dunne darm gemiddeld 35 procent in de schildklier gedeponeerd. Er komen ziekelijke afwijkingen voor, waarbij zij te veel of te weinig jodium opneemt. Indien radioactief jodium toegediend wordt, kan men het opneemvermogen nagaan, door de radioactieve straling van de schildklier op bepaalde tijdstippen te meten. Daartoe wordt het voor straling gevoelige gedeelte van de stralingsmeter boven dit orgaan geplaatst (*fig. 6*). Dit gevoelige gedeelte is voorzien van een loden omhulling met aan de voorzijde een zodanige opening dat alleen de van de schildklier afkomstige gammastraling gemeten wordt. Door een stralingsbegrenzer met een zeer klein gat te gebruiken, kan men het schildklieroppervlak ook punt voor punt aftasten en zo een tweedimensioneel activiteitsdiagram bepalen [19]). Hieruit kan afge-

[18]) J. J. Arlman, J. N. Svašek en B. Verkerk, Toepassing van radioactieve isotopen voor het bestuderen van het zandtransport door waterstromingen, Philips techn. T. **21**, 161-171, 1959.

[19]) Voor deze aftastmethode, toegepast op verschillende organen en met verfijningen in de waarnemingstechniek, zie een vijftal artikelen in Amer. J. Roentgenology **87**, 128-170, 1962 (no. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a *b*

Fig. 7. Door de scintillatiedetector in de opstelling volgens fig. 6 te voorzien van een stralingsbegrenzer met een zeer klein gat, kan men het schildklieroppervlak punt voor punt aftasten en aldus een tweedimensioneel „scintigram" van de schildklier opnemen. Hieruit kan afgelezen worden of het werkzame (jodium opnemende) deel van de schildklier een normale vorm heeft, en indien niet, welke afwijkingen daarvan optreden. De hier weergegeven scintigrammen van resp. een gezonde (*a*) en een zieke (*b*) proefpersoon zijn telkens geprojecteerd op een röntgenfoto van dezelfde persoon. In geval (*b*) is de schildklier nog slechts actief aan de periferie links boven; het overige (omlijnde) gedeelte is door een gezwel onwerkzaam geworden. (Foto's ter beschikking gesteld door Dr. Coenegracht, Ziekenhuis St.-Annadal, Maastricht.)

lezen worden of het werkzame deel van de schildklier een normale vorm heeft en, indien niet, welke afwijkingen daarvan optreden (*fig. 7a, b*).

Een andere toepassing van radioactieve stoffen is de meting van een materiaaldikte, van de concentratie van mengsels, en van de hoogte van vloeistofniveaus in gesloten vaten. Dit wil ik illustreren met de beschrijving van een zandconcentratiemeter, zoals deze thans op een tiental zandzuigers in Nederland wordt gebruikt. Is de concentratie van het zand in het mengsel van zand en water dat door de buis van de zandzuiger afgevoerd wordt, te klein, dan wordt onnodig veel water verpompt. Is de concentratie te groot, dan wordt de stromingsweerstand te groot en dreigt stagnatie. Voor de meting is aan de ene zijde van een verticaal gedeelte van de persbuis een capsule met cesium-137 geplaatst (*fig. 8* en *9*). Deze is opgesteld in een loden houder, welke de straling die in ongewenste richtingen gaat, absorbeert. Het lood is tegen mechanische beschadiging gevrijwaard door een ijzeren huis. Diametraal daartegenover is, eveneens goed beschermd, het gevoelige gedeelte van een stralingsmeter opgesteld. Water absorbeert de door cesium-137 uitgezonden γ-straling minder dan zand. Naarmate het mengsel meer zand bevat, zal de intensiteit van de straling welke het meetinstrument bereikt kleiner zijn en daardoor ook de uitslag van het aanwijsinstrument. Dit laatste is in de bedieningscabine van de zandzuiger opgesteld (*fig. 10*), zodat het bedienend personeel direct passende maatregelen kan nemen zodra de concentratiemeter een afwijking aanwijst.

De gammastraling van radioactieve isotopen zou in principe de röntgenstraling kunnen vervangen voor het maken van foto's van werkstukken. De intensiteit van de straling van een röntgenapparaat is echter bij dezelfde afmetingen van het stralenemitterende oppervlakje soms wel een factor 100 groter, hetgeen het streven naar een economisch verantwoorde belichtingstijd ten goede komt. Voor het materiaalonderzoek zal men radioactieve stoffen dan ook alleen gebruiken wanneer de stralenbron opgesteld moet worden op een plaats welke niet of slecht toegankelijk is voor een röntgenbuis of waar

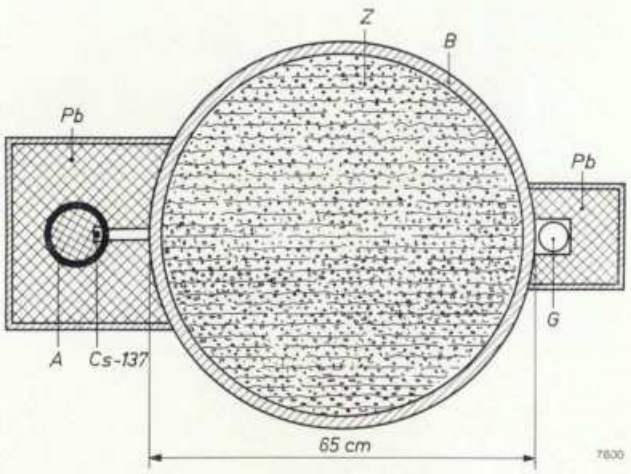


Fig. 8. Gebruik van een radioactieve straler (cesium-137) voor het doorlopend meten van de zandconcentratie in het mengsel van zand en water (*Z*) dat door de buis van een zandzuiger wordt afgevoerd. Aan één zijde van de buis *B* is een capsule met het radioactieve materiaal geplaatst. Deze bevindt zich in een opening aan de omtrek van een loden cilinder *A*, die om zijn as draaibaar in een loden mantel *Pb* is gemonteerd. Aan de andere kant van de buis *B* is een stralingsdetector *G* opgesteld (eveneens in een loden omhulsel *Pb*, om de door het zand-watermengsel doorgelaten straling onschadelijk te maken). De intensiteit van de straling die *G* bereikt, hangt van de zandconcentratie af. Door de cilinder *A* een weinig om zijn as te draaien, kan men de stralingsbron „uitschakelen".

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 9. Verticaal gedeelte van de persbuis van de zandzuiger, waartegen volgens het schema van fig. 8 een grote houder met een radioactieve stralingsbron en een kleinere houder met een stralingsdetector zijn bevestigd.

geen elektriciteitsaansluiting aanwezig is, of wanneer de straling van gewone röntgenapparaten niet voldoende doordringend is en er radioactieve stoffen beschikbaar zijn welker γ-straling wèl het gewenste doordringingsvermogen heeft.

Een mooi voorbeeld is het toepassen van radioactief iridium-192 bij het onderzoek van de rondlassen in pijpleidingen. De houder waarin de radioactieve bron zich bevindt, wordt hetzij aan de buitenzijde van de buis diametraal tegenover de film geplaatst (doorstraling van twee wandgedeelten achter elkaar), òf in het hart van de buis, waarbij een gehele las op een rondom de pijp gelegde film kan worden opgenomen. De foto *fig. 11* toont het *in* de pijp brengen van een bronhouder op een soort wagentje. Na aanbrengen van de film kan men de stralingsbron op afstand ontsluiten om de film te belichten. De methode is o.a. toegepast bij de aanleg van de olieleiding van Rotterdam naar Keulen.

Om dezelfde redenen als uiteengezet voor het röntgenografisch materiaalonderzoek, komen radioactieve isotopen slechts bij uitzondering in aanmerking als vervangers van röntgenapparaten voor medische röntgenfotografie, vooral daar hierbij vaak bewegende organen gefotografeerd moeten worden en de belichtingstijd dus zeer kort moet zijn.

Bij de röntgen*therapie* spelen de afmetingen van het stralen-emitterend oppervlak een minder belangrijke rol. Daarom vindt vooral de gammastraler kobalt-60 toepassing in plaats van de gebruikelijke röntgenapparaten van 200-300 kV (*fig. 12*). De straling van kobalt-60 is ongeveer even doordringend als de röntgenstraling van een 4-MeV-lineaire versneller. De keuze tussen beide wordt meestal door secundaire factoren bepaald.

In de analytische chemie begint men meer en meer gebruik te maken van de analyse door neutronen*activering*. De gevoeligheid van deze methode is in sommige gevallen groter dan die van „natte" of spectrochemische analyse. De te analyseren stof wordt aan een bestraling met neutronen onderworpen, door het preparaat enige tijd in een kernreactor te plaatsen of aan de straling van een transportabele neutronengenerator bloot te stellen[20]).

[20]) O. Reifenschweiler en K. Nienhuis, De neutronenbuis, een eenvoudige en compacte neutronenbron, Philips techn. T. **23**, 341-353, 1961 (no. 11).

Fig. 10. Bedieningscabine van de zandzuiger. In het midden bovenaan het aanwijsinstrument, waarop het bedieningspersoneel doorlopend de zandconcentratie van het verpompte zand-watermengsel kan controleren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 11. Gebruik van de gammastraling van een radioactief isotoop (iridium-192) voor het maken van „röntgenfoto's" van de lasnaden in een pijpleiding. De houder met de stralingsbron wordt hier op een soort wagentje in de pijp gebracht en tot de plaats van de te onderzoeken naad geduwd. Rondom de pijp wordt aldaar een röntgenfilm gelegd, waarna de bron op afstand wordt ontsloten. (Gereproduceerd met toestemming van de Röntgen-Technische Dienst, Rotterdam.)

Al naar gelang de samenstelling zullen daardoor van verschillende elementen die in het preparaat aanwezig zijn, radioactieve isotopen gevormd worden. Elk radioactief isotoop wordt gekenmerkt door zijn halveringstijd en door de aard en de energie van de uitgezonden straling. Uit de analyse van de door het bestraalde monster uitgezonden straling (*fig. 13*) kan men de aanwezigheid van bepaalde elementen vaststellen en in de meeste gevallen ook hun concentratie. Soms is het noodzakelijk vóór de stralingsanalyse een chemische scheiding uit te voeren.

Gebruik van kernenergie

Voor het vrijmaken van de in de atoomkernen opgesloten energie staan twee wegen open: het splijten van zich daartoe lenende zeer zware kernen, zoals b.v. uranium-235, of het samensmelten van zeer lichte kernen: kernfusie. Reeds gedurende zes miljard jaren zendt de zon haar stralen naar de aarde; deze zonne-energie is geheel afkomstig van kernfusie, en hetzelfde geldt dus voor de geconserveerde vorm hiervan, de energie der fossiele brandstoffen kolen, olie enz. De zonne-energie welke de aarde dagelijks bereikt, is ca. het 100 000-voudige van het dagelijkse wereldverbruik aan brandstoffen. Zelfs bij een verdubbeld inwonertal van de aarde en een energieverbruik per inwoner gelijk aan het dubbele huidige verbruik in Nederland zou de zonnestraling nog het 4000-voudige van onze behoefte bedragen. Zijn wij wel goede rentmeesters over de ons zo overvloedig toegestraalde energie? En indien wij die rijkdom beter willen benutten, is dat dan in aanzienlijke mate te realiseren?

Dit laatste lijkt in principe mogelijk, maar alleen langs biologische weg. Het zal nog wel even duren voordat de oceanen met drijvende plantages bedekt of alle woestijnen bebost zullen zijn. Een andere mogelijkheid ware, het rendement der natuurlijke fotosynthese, het omzetten van zonnestraling in chemische energie met behulp van het bladgroen, te vergroten. Maar ook dit schijnt vooralsnog niet op grote schaal te verwerkelijken. In de toenemende behoefte zal dus op andere wijze dan door direct gebruik van zonne-energie voorzien moeten worden.

In vergelijking met de kernsplijting heeft de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

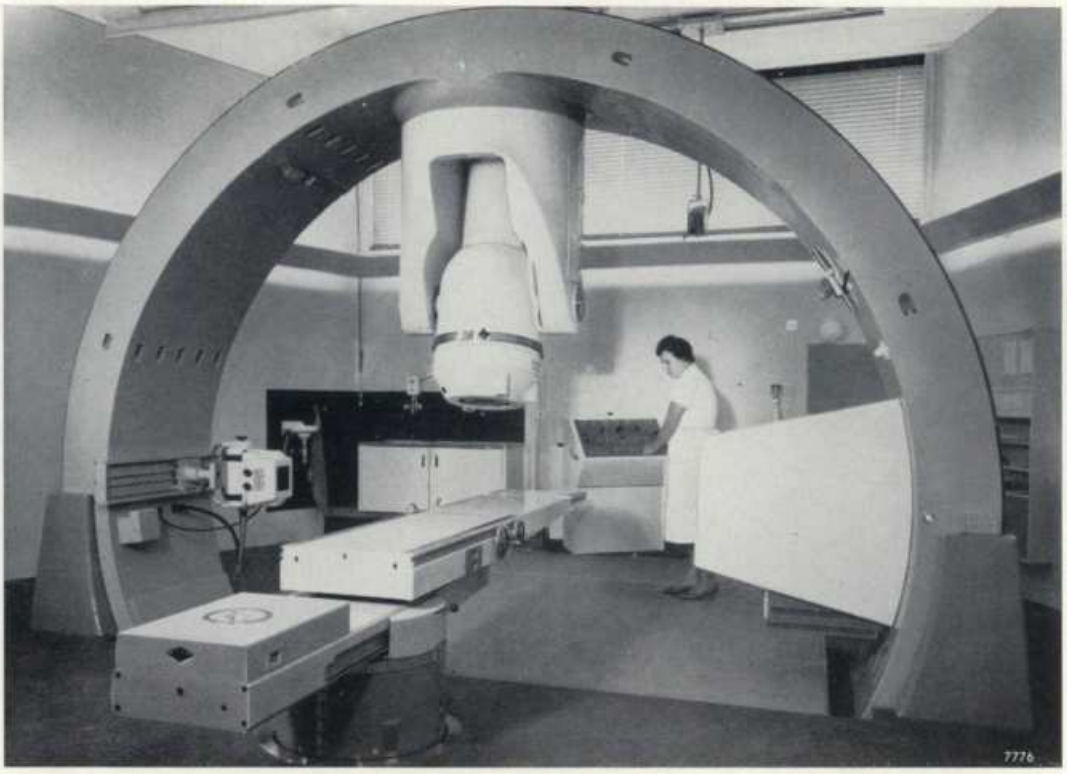


Fig. 12. Installatie voor röntgentherapie met kobalt-60 als stralingsbron. De eigenlijke bron bestaat uit een aantal schijfjes verguld, metalliek kobalt, elk met een activiteit van ca. 200 curie. Terwijl de schijfjes kobalt te zamen slechts enkele tientallen grammen wegen, is voor de afscherming der straling in ongewenste richtingen ongeveer 1500 kg lood nodig. De zo geconstrueerde „kobaltstraler" ziet men hier bovenaan in het midden. Met het reusachtige ringstatief, dat onder de vloer doorloopt, kan de straler van elke zijde op de patiënt worden gericht. Links ziet men een röntgendiagnostiekapparaat, diametraal daartegenover rechts een röntgenbeeldversterker met televisiecamera, waardoor nauwkeurig collimeren en richten van de stralenbundel op het te bestralen gedeelte van de patiënt mogelijk is. (Gereproduceerd met toestemming van Smit Röntgen N.V., Leiden.)

kernfusie een aantrekkelijk aspect: veel minder radioactief afval. De noodzaak om gedurende vele honderden jaren de grote hoeveelheden radioactief afval van kernsplijtingscentrales veilig op te bergen, is een onaangename complicatie. Een en ander wordt weliswaar technisch zeer goed uitvoerbaar geacht, maar vereist een grote zorgvuldigheid, terwijl bovendien de kosten aanzienlijk zijn. De zeer intensieve onderzoekingen op het gebied der beheerste kernfusie hebben, voor zover bekend, tot nu toe nog slechts weinig perspectief voor eventuele technische toepassing opgeleverd. Zeer verwonderlijk is dat niet, want volgens de huidige inzichten zijn voor het welslagen temperaturen van ca. 100 miljoen °C nodig. Ook op de zon verlopen de kernfusieprocessen verre van stabiel.

Geheel anders is het met de kernsplijting gegaan. De daarop berustende kernreactoren hebben bijna

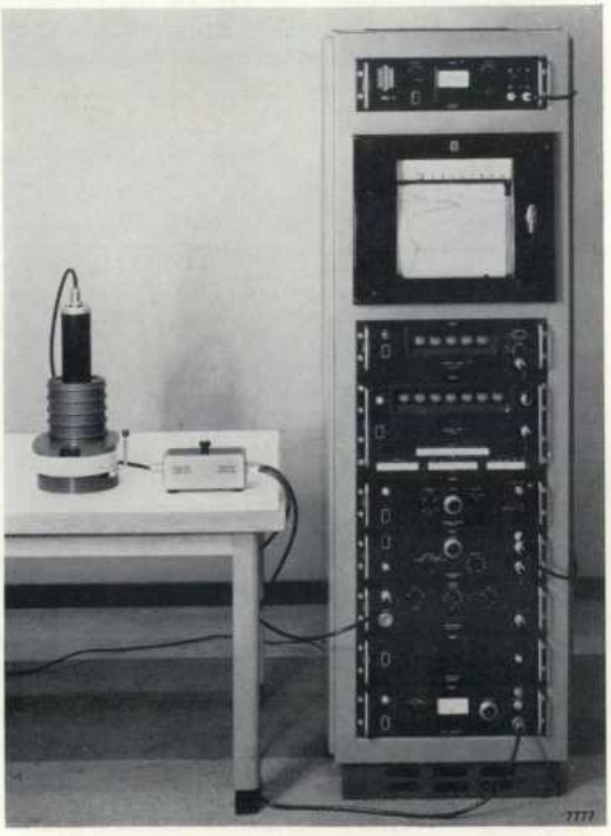


Fig. 13. Gammaspectrometer voor chemische analyse door neutronenactivering. Links op de tafel een scintillatiedetector, omgeven door een loden afscherming, op de bodem waarvan zich het te analyseren preparaat bevindt. Rechts daarnaast een voorversterker voor het signaal van de detector. De verdere elektronische apparatuur is in het rek (rechts) ondergebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

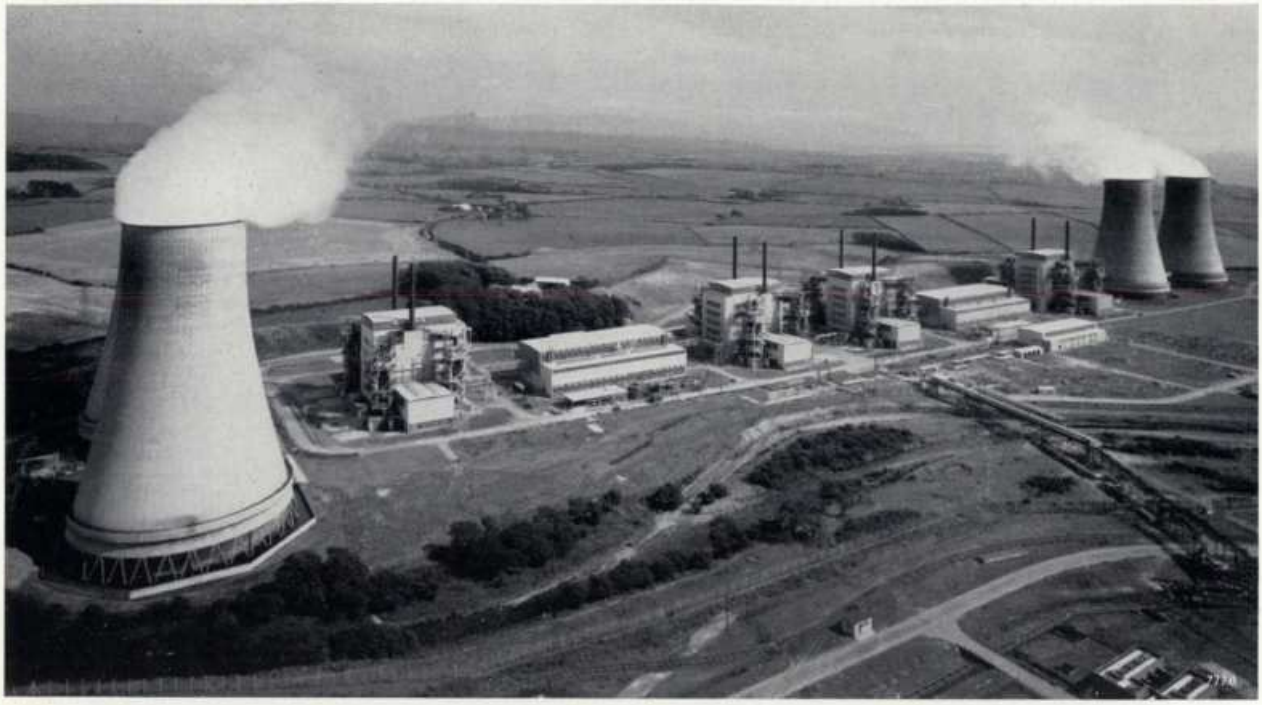


Fig. 14. Overzicht van de kernenergiecentrale Calder Hall, Cumberland, Engeland. De laatste van de vier reactoren is in april 1959 in werking gesteld voor levering van elektriciteit aan het normale distributienet. (Gereproduceerd met toestemming van de U.K. Atomic Energy Authority.)

alle vanaf de aanvang kernfysisch op de verwachte wijze gewerkt. Bij de toepassing voor elektriciteitsopwekking gaat Engeland vooraan. In de Verenigde Staten is de behoefte aan een nieuwe bron van energie niet urgent en heeft men er de voorkeur aan gegeven verschillende systemen eerst op hun waarde te toetsen. Ook daar zijn thans enige kernenergiecentrales in werking, o.a. één met de grootste werkende reactor ter wereld, de centrale te Dresden op 80 km ten zuidoosten van Chicago, welke een elektrisch vermogen heeft, geleverd door één reactor, van 180 MW. Die welke te Indian Point in aanbouw is, krijgt een nog groter vermogen: 275 MW. Verwacht wordt dat zij in de loop van dit jaar in werking komt. Zij vertoont enige interessante aspecten. De brandstof is niet alleen met uranium-235 verrijkt, zoals bij dit type reactor met water onder hoge druk gebruikelijk is, maar daarnaast is thorium-232 aanwezig, dat zelf niet splijtbaar is doch tijdens het werken van de reactor door het vangen van een neutron overgaat in het in deze reactor bijzonder goed splijtbare uranium-233. Daardoor wordt de brandstof dus voortdurend aangevuld. Een van de factoren welke het rendement van een kernenergiecentrale tot dusverre ongunstig beïnvloedden, is, dat de maximaal bereikbare stoomtemperaturen aanzienlijk lager zijn dan bij conventionele centrales. Bij de centrale te Indian Point wordt de temperatuur van de door de kernreactor geleverde stoom van 230 °C in een *met olie gestookte* oververhitter opgevoerd tot 540 °C, zodat het thermisch rendement van het geheel aanzienlijk beter wordt dan bij het uitsluitend gebruik van kernenergie het geval zou zijn; 60 procent van het afgegeven vermogen is afkomstig van de kernenergie. Ten slotte is nog vermeldenswaard, dat men deze kernenergiecentrale heeft durven plaatsen op slechts 40 km buiten de dichtbevolkte stad New York, bovenstrooms aan de rivier de Hudson.

In Engeland werken thans twee kernenergiecentrales, ieder met vier reactoren, te Calder Hall (*fig. 14*) en Chapelcross, welke een maximaal elektrisch vermogen hebben van 45 MW per reactor, dus 180 MW per centrale. Twee volgende centrales, Bradwell, vermogen 275 MW, en Berkeley (*fig. 15*), vermogen 300 MW, worden thans beproefd. Verwacht wordt dat deze over enkele maanden in dienst gesteld kunnen worden. Enkele andere centrales zijn in aanbouw of worden voorbereid. Het programma, dat over ca. 6 jaar voltooid moet zijn, omvat een totaal geïnstalleerd vermogen van 3600 MW. Dit is 10 procent van het thans in Groot-Brittannië en bijna 90 procent van het thans in Nederland geïnstalleerde vermogen. Terwijl de eerste centrale, die te Calder Hall, een energierendement heeft van nog geen 20 procent, zal dat bij de thans

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

in aanbouw zijnde centrales stijgen tot bijna 30 procent. Desondanks is de aldus geproduceerde elektriciteit nog altijd duurder dan die welke de conventionele centrales voortbrengen.

De eerste Britse industriële kernreactoren, die te Windscale, waren uitsluitend bestemd voor de produktie van plutonium voor atoombommen, de daarop volgende in de centrales te Calder Hall en Chapelcross in de eerste plaats voor plutoniumproduktie en daarnaast voor de levering van elektriciteit. De grote thans in aanbouw zijnde reactoren zijn speciaal bestemd voor de elektriciteitsproduktie [21]).

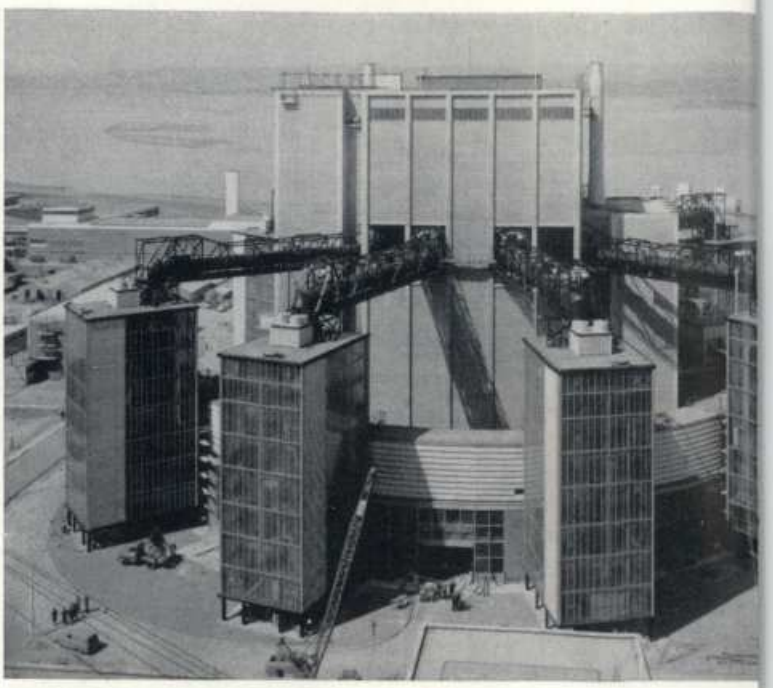


Fig. 15. Een bijna voltooid reactorgebouw van de kernenergiecentrale te cestershire, Engeland, aan de mond van de Severn. (Gereproduceerd m van de U.K. Atomic Energy Authority.)

Soms wordt als bezwaar tegen kernenergiecentrales aangevoerd dat de radioactiviteit van afvalprodukten misschien schade voor de volksgezondheid zou kunnen opleveren. Met zekerheid is echter bekend dat het winnen van kolen in ondergrondse mijnen bij velen ziekte veroorzaakt, vooruitgang die bij de mijnen in hygi in de laatste decennia gemaakt is. Oc van uraniumerts kan gevaarlijk zijn zondheid der arbeiders, vooral door he radioactieve radon. Maar waarsch uraniumwinning, voor zover dit niet door doeltreffende maatregelen to hygiënisch peil te brengen dan de Indien men dit inderdaad realiseer kernenergiecentrale ten opzichte kolen gestookte een sociale vooruitga

[21]) Voor een overzicht van de in aanbouw zijnde en geprojecteerde kernenergiecentrales in Groot-Brittannië, zie: U.K. power reactors building progress, Nucl. Engng. 7, 108, 1962 (no. 70). Voorts over de verdere ontwikkeling van kernreactoren voor elektriciteitsproduktie: W. Vinke en P. J. Kreyger, Power reactor experiments, Atoomenergie 4, 33-39, 1962 (no. 2).

Samenvatting. Oratie, gehouden aan de Technische Hogeschool te Eindhoven. Het kernfysische onderzoek van de afgelopen 30 jaar heeft geleid tot de ontwikkeling van velerlei technieken, waarvan een reeks toepassingen op verschillende gebieden hier worden besproken. Elektronen van zeer grote energie, b.v. van 4 tot 35 miljoen elektronvolt, kunnen voor medische bestralingen worden gebruikt òf voor het opwekken van zeer harde röntgenstralen, die men voor hetzelfde doel en ook voor materiaalonderzoek toepast. Zulke elektronen verkrijgt men o.a. met de lineaire versneller of met het bètatron. In kernreactoren of in cyclotrons produceert men radioactieve isotopen, die voor onderzoekingen met „tracers" dienen (voorbeelden: zandtransport door zeestromingen, opneming van jodium door de schildklier), of voor allerlei metingen die op de absorptie van straling berusten (voorbeeld: concentrati persbuis van een zandzuiger), of voor röntge riaalonderzoek (lasnaden van pijpleidingen) rapie (kobaltstraler). Vermeld wordt ook de el door activering met neutronen. Ter illustratie van de kernenergie voor het opwekken worden enkele gegevens van Engelse en An energiecentrales verstrekt. — Aan het overz een beschouwing over de gevaren die de to kerntechniek aankleven, en ook aan het slot hierop terug. Bij goede voorzorgsmaatregele varen niet groter of zelfs geringer dan die techniek of in het dagelijkse leven ontmoet.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

als gas in hoofdzaak koolmonoxyde en waterstof levert [2]). Zulke elektrodes voldoen zeer goed bij het lassen van vloeistaal (ongelegeerd staal), zoals St 37, maar geven bij laaggelegeerde staalsoorten, die tegenwoordig steeds belangrijker worden, onder ongunstige omstandigheden scheurtjes in de lasverbindingen en andere moeilijkheden. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling der zg. basische elektrodes, waarvan de bekleding een basische slak en als gas in hoofdzaak CO en zeer weinig waterstof levert. Onafhankelijk hiervan zijn te Eindhoven omstreeks 1943 de Contact-elektrodes ontwikkeld, die in 1947 als speciale versie van de zure elektrodes op de markt werden gebracht [3]) en die later, om hetzelfde principe op de basische elektrodes te kunnen toepassen, tot de ontwikkeling van de zirkoonbasische bekleding hebben geleid [4]).

Inmiddels waren er echter nog andere middelen gevonden om het lasmetaal van de lucht af te schermen: doet de beklede elektrode dit door produktie van slak èn gas, het bleek ook mogelijk alleen met slak of alleen met gas te werken (fig. 2).

Alvorens hierop in te gaan, willen we de vraag onder ogen zien of een bescherming door gas alleen wel principieel juist kan zijn. Immers, als men de bescherming van het neersmeltende metaal zonder slak bewerkstelligt, geeft men tevens enige extrafuncties prijs die de slak vervult, of heet te vervullen: 1) ze zorgt voor een metallurgische zuivering van het lasmetaal; 2) ze heeft, doordat sommige van haar bestanddelen gemakkelijk elektronen emitteren, een stabiliserende werking op de boog, waardoor het lassen met wisselstroom beter mogelijk wordt; 3) ze beschermt de uit het bereik van de boog zich verwijderende las tegen snelle afkoeling door de lucht; 4) ze blijft op dit traject bescherming aan het metaal bieden tegen de inwerking van zuurstof en stikstof uit de lucht.

De eerstgenoemde functie is soms inderdaad van belang, maar ze kan gemist worden als men het neersmeltende elektrodemateriaal dezelfde (of een grotere) zuiverheid geeft als het te lassen staal bezit. De tweede functie kan men ook laten vervullen door boog-stabiliserende stoffen, die men in geringe hoeveelheid aan het staal zelf toevoegt. De andere genoemde functies zijn, althans voor staal, niet van werkelijke betekenis: de afkoeling door de lucht doet er weinig toe, gezien de zeer sterke warmteafvoer door het werkstuk zelf; en de ervaring leert dat de inwerking van de lucht op de afkoelende las, bij het lassen van staal, geen kwaad doet [5]).

Reeds in 1925 werd een elektrode gelanceerd waarbij alleen slak voor de bescherming zorgde: de zg. „Seelenelektrode", waarbij stoffen die slak vormen en tevens tot stabilisering van de boog bijdragen, in een axiale holte van het elektrodedraad zijn ondergebracht. De bescherming van het lasmetaal is hierbij echter niet voldoende, zodat deze elektrodes vrijwel niet meer worden gebruikt.

Goede resultaten daarentegen verkreeg men met een andere methode van bescherming alleen door slak, het „lassen onder poederdek", dat omstreeks 1933 in de V.S. werd ontwikkeld [6]). Hierbij brandt de boog in een holte in een grofkorrelige poederlaag waarmee men hem bedekt. De boog is dus onzichtbaar, maar dit is geen overwegend bezwaar, aangezien de methode juist in hoofdzaak voor het automatisch lassen is ontwikkeld — en ze is tot dusver ook de meest toegepaste automatische lasmethode gebleven. Het poeder maakt men door een mengsel van slakvormende stoffen te smelten en na het stollen tot een bepaalde korrelgrootte te malen. In plaats van smelten past men ook wel sinteren toe; bij beide bewerkingen is de temperatuur zo hoog dat alle gasafgevende stoffen, inclusief eventuele waterstofbronnen, verdwijnen. Deze afwezigheid van waterstof is een belangrijk kenmerk, zoals we nog zullen zien.

Ook bij de lasmethodes met bescherming alleen door gas is de afwezigheid van waterstof essentieel. Dit zou men niet vermoeden als men de eerste, uit 1926 daterende, methode van dit soort beschouwt: deze maakte gebruik van een boog die tussen twee wolfraamelektrodes in een waterstofatmosfeer brandt. De in de zeer hete boog door dissociatie gevormde waterstofatomen recombineren buiten de boog en brengen aldus, te zamen met de straling van de boog, smelten van het werkstuk en van het eventueel afzonderlijk toegevoerde lasmetaal teweeg. Voor andere metalen en legeringen dan staal is de methode nog hier en daar in gebruik. Voor staal echter moeten we bij deze categorie van lasmethodes in de eerste plaats denken aan het ongeveer 20 jaar geleden in de V.S. ontwikkelde „argon-arc" lassen. Het lasmetaal wordt hierbij beschermd door een edelgas — in Amerika soms naast argon ook helium, in Europa altijd argon —, dat men uit een voorraadfles om de boog heen laat stromen. In de oorspronkelijke vorm, waarbij een boog wordt getrokken tussen een niet-afsmeltende wolfraamelektrode en de te lassen stukken, is de

[2]) Over de vele soorten zure elektrodes, zie b.v. Welding Handbook, uitg. Amer. Welding Soc., New York 1960, 4e ed. In dit werk is ook nadere informatie te vinden over vele kwesties betreffende het booglassen die we in dit artikel slechts kunnen aanstippen.

[3]) P. C. van der Willigen, Welding J. **25**, 313S, 1946 en Philips techn. T. **8**, 161 en 304, 1946.

[4]) P. C. van der Willigen, Welding News no. 89 (maart 1958), no. 123 (juli 1961) en no. 124 (sept. 1961).

[5]) Wèl is dit het geval bij het lassen van metalen met een grote affiniteit voor zuurstof en stikstof, b.v. aluminium of titanium. Last men zulke metalen volgens een methode die alleen gas als bescherming gebruikt, dan kan dus tijdens het afkoelen een extrabescherming door de gasstroom nodig zijn.

[6]) Zie het in [2]) genoemde boek; verder: L. Wolff in „Werkstoff und Schweissung" (red. F. Erdmann-Jesnitzer), Akademie-Verlag, Berlijn 1951, blz. 458.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

methode thans nog op zeer grote schaal in gebruik voor speciale gelegeerde staalsoorten en andere metalen. Voor normaal staal is sinds 1949 een ervan afgeleide methode in zwang gekomen waarbij de wolfraamelektrode is vervangen door een afsmeltende blanke staaldraad, aangevoerd door middel van een motor vanaf een haspel. In het schema van fig. 2 is deze methode vermeld met de aanduiding „argon + 4% O_2", want een toevoeging van 3-5% zuurstof aan het edelgas is gebleken gewenst te zijn om geen poreuze lassen te krijgen.

Bij de laatst geschetste methode hebben wij aangeknoopt toen in 1953 in dit laboratorium het procédé van het CO_2-lassen werd geconcipieerd en uitgewerkt [7]): het nogal kostbare argon wordt hierbij vervangen door het goedkope koolzuurgas. Dit is wel geen inert gas, maar het blijkt, als men op geschikte wijze te werk gaat, een volledige bescherming van het lasmetaal te geven. Ook wat vele andere eigenschappen betreft, is deze lasmethode aantrekkelijk, en ze heeft dan ook in enkele jaren al een grote verspreiding gekregen [8]).

Het in fig. 2 gegeven schema is natuurlijk zeer onvolledig. Met name vindt men de combinatie van bescherming door slak en door gas niet alleen in de vermelde beklede laselektrodes, maar ook in allerlei later ontwikkelde lasmethodes waarbij in feite uitgegaan wordt van de bescherming door gas-alleen of door slak-alleen: zo heeft men b.v. een methode van CO_2-lassen geïntroduceerd waarbij vlak vóór de boog een weinig slakpoeder door een magnetisch veld wordt toegevoerd. Ook zijn er allerlei werkwijzen voor speciale gevallen, zoals het stiftlassen, puntbooglassen, afbrandstuiklassen, die men in het schema zou kunnen rangschikken. We laten dit alles terzijde, en gaan nu over tot de bespreking van de genoemde drie Eindhovense ontwikkelingen. Als voorbereiding daartoe dient een korte uiteenzetting over de basische elektrodes.

De basische elektrodes

Bij de zure laselektrodes, die men tot ca. 1937 uitsluitend kende (en die ook nu nog in enorme aantallen worden gebruikt), bestaat de boogatmosfeer voor ongeveer 40% uit waterstof, voor de rest uit waterdamp, kooldioxyde en koolmonoxyde. Deze laatste twee gassen zijn afkomstig uit carbonaten en koolhydraten in de bekleding. H_2 en H_2O komen uit stoffen zoals waterglas en kaolien, die men als bind- en persmiddel aan de bekleding heeft toegevoegd. Voor gewoon vloeistaal zijn deze elektrodes zeer geschikt, maar als men ze gebruiken wilde voor automatenstaal (waarin vrij veel zwavel aanwezig is), kreeg men poreuze lassen. Voor laaggelegeerd staal bleken ze eveneens niet betrouwbaar, de lassen vertoonden soms scheurtjes. Ook andere moeilijkheden deden zich soms voor, zoals scheuren naast de las, een geringere rek van het neergesmolten metaal (merkbaar aan het optreden van zg. visogen in trekstaven, uit dit metaal genomen), en het afspringen van email van de las bij naderhand geëmailleerde werkstukken.

Terwijl men met deze ongewenste verschijnselen nog geen raad wist, was men al bezig met pogingen, elektrodes te maken die een basische slak leveren (met $CaCO_3$ en CaF_2 als kenmerkende bestanddelen in de bekleding). Het succes was aanvankelijk nihil, men kreeg poreuze lassen. Pas toen men, voor het eerst in Frankrijk, de beklede elektrodes ging bakken op hoge temperaturen (ca. 450 °C), werden dichte lassen verkregen. De basische elektrode vond toen snel ingang. Men sprak in de jaren omstreeks 1942 in Nederland over St 52-elektrodes, omdat dit soort elektrodes bijzonder geschikt bleek te zijn voor het laaggelegeerde staal St 52, dat als constructiestaal van zeer goede kwaliteit in gebruik kwam en, zoals we hebben vermeld, met zure elektrodes niet altijd goed te lassen was. Na 1942 werd het langzamerhand duidelijk dat de waterstof aansprakelijk moest worden gesteld voor de eerder vermelde fouten [9]), en men begreep toen pas dat de behandeling van de elektrodes op hoge temperatuur nodig was om resterende bronnen van waterstof (o.a. water) te verwijderen. Om deze reden worden de basische elektrodes dan ook thans veelal aangeduid als waterstofarme elektrodes, naar hun essentiële eigenschap. Overigens is dit wel een typisch voorbeeld van een succesvolle techniek waarvan de grondslagen pas lang na de invoering worden opgehelderd.

De basische elektrodes met hun uitstekende mechanische eigenschappen schoten te kort op een belangrijk punt: ze waren niet gemakkelijk te verlassen. De slak liet na het lassen niet gemakkelijk los; de lasrups had geen glad uiterlijk; de boog

[7]) Ned. octr.-aanvrage no. 176 664, maart 1953, en V.S. octr. no. 2 824 948, ten name van P. C. van der Willigen en H. Bienfait. Zie verder P. C. van der Willigen en L. F. Defize, Lastechniek **22**, 69, 1956 en Schweissen und Schneiden **9**, 50, 1957.

[8]) Voor de oorspronkelijke vorm van „argon-arc" lassen is als internationale benaming voorgesteld TIG (tungsten inert gas), voor de variant met afsmeltend blank staaldraad de naam MIG (metal inert gas), voor het CO_2-lassen de naam MAG (metal active gas).

[9]) G. L. Hopkins, Trans. Inst. Welding **7**, 76, 1944. A. E. Flanigan, Welding J. **26**, 193S, 1947. Zie ook: J. D. Fast, Oorzaken van porositeit in lasnaden, Philips techn. T. **11**, 101-110, 1949; J. D. Fast, Waterstofarme lasstaven, Philips techn. T. **14**, 86-91, 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

brandde niet zeer stabiel, vooral bij lassen met wisselstroom en lage open spanning; enz. De laatstgenoemde eigenschap was te wijten aan het fluoride in de bekleding (het fluor versnelt door zijn grote elektronenaffiniteit de ontionisatie van de boog en belemmert daardoor de periodieke herontsteking). Weliswaar konden wij dit bezwaar ondervangen door aan de bekleding magnesiumpoeder toe te voegen, dat als boogstabilisator fungeert, of, bij een andere basische elektrode, door over elkaar heen twee bekledingen van verschillende samenstelling (de binnenste zonder fluor) aan te brengen; doch de andere bezwaren bleven bestaan.

Een in 1943 in ander verband gemaakte vinding opende onverwachts een mogelijkheid om de laseigenschappen te verbeteren.

De Contact-elektrodes

In genoemd jaar waren wij bezig met proeven die ertoe konden leiden het warmterendement van laselektrodes te verbeteren, d.w.z. om de warmteontwikkeling in verhouding tot de neergesmolten hoeveelheid metaal te beperken. Een mogelijke weg hiertoe leek het, niet *al* het metaal aan de stroomgeleiding te laten deelnemen, zodat een minder diepe inbranding zou worden verkregen (minder warmteverspilling voor onnodig smelten van materiaal van het werkstuk). Met dit doel voor ogen, gingen wij na diverse probeersels ertoe over, ijzer in de vorm van ijzerzaagsel (later ijzerpoeder) homogeen in de bekleding te verdelen. Op deze manier ontstond een zeer dikke, ijzerhoudende bekleding. Toen wij met deze elektrodes lasten, merkten we op dat het na het trekken van een boog niet nodig was de elektrode op een bepaalde afstand van het werkstuk te houden, doch dat hij op het werkstuk kon rusten: hij kon „slepend" verlast worden. Gedurende het lassen met de dik beklede elektrode vormt zich nl. een diepe en stevige kelk aan het einde van de bekleding, en deze kelk zorgt automatisch voor een juiste en constante booglengte (*fig. 3*). Bovendien vonden wij dat bij geschikte keuze van het percentage ijzerpoeder en van de korrelgrootte ervan de bekleding voldoende elektrisch geleidingsvermogen krijgt om bij contact met het werkstuk automatisch een ontsteken of herontsteken van de boog teweeg te brengen. Omdat dus deze elektrodes tijdens het lassen zowel mechanisch als elektrisch via de kelk van de bekleding in contact zijn met het werkstuk, hebben wij ze Contact-elektrodes genoemd [3]).

Bij de verdere ontwikkeling bleek het mogelijk de Contact-elektrodes nauw aan te sluiten bij bestaande types elektrodes: men brengt als het ware een deel van het kerndraadijzer in fijn verdeelde vorm naar de bekleding over, waarin het innig vermengd wordt met de overige bestanddelen. De gewichtsverhouding van ijzer en slak is dan onveranderd, de slak krijgt dezelfde samenstelling en de las krijgt ongeveer dezelfde mechanische eigenschappen als bij de oorspronkelijke elektrode, waarvan de Contact-elektrode een nieuwe versie is.

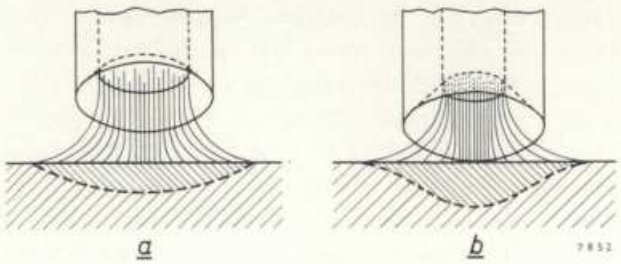


Fig. 3. *a*) Lassen met een normale beklede elektrode, met vrije boog.
b) Lassen met een Contact-elektrode. Doordat hierbij de bekleding dikker is, wordt een diepere kelk dan bij (*a*) gevormd. Het einde van de kelk kan daardoor op het oppervlak van het werkstuk rusten. De boog is hier op een dunnere kerndraad geconcentreerd, zodat de inbranding in het midden iets dieper wordt dan bij (*a*).

De voordelen zijn niet alleen de zeer gemakkelijke wijze van lassen, maar bovendien een nog betere bescherming tegen de stikstof uit de lucht (door de diepe kelk) en vooral een grotere lassnelheid. Door de afschermende werking van de kelk wordt nl. de stralingswarmte van de boog vollediger benut, zodat er bij gegeven vermogen meer metaal per tijdseenheid neersmelt — hetzelfde effect dat bij de oorspronkelijke proeven werd verwacht, al was daarbij aan de bestrijding van een ander soort warmteverlies gedacht! —, en van dit gesmolten metaal gaat ook minder door spatten verloren. Men krijgt daardoor (en doordat de boogspanning wat hoger is) bij Contact-elektrodes een neersmeltsnelheid van gemiddeld 0,24 gram metaal per ampèreminuut, tegenover slechts 0,17 gram bij gewone beklede elektrodes (elektrodes met vrije boog).

Omstreeks 1947 zijn Contact-versies van zure elektrodes door Philips op de markt gebracht. In de daaropvolgende jaren zijn zulke versies ook door andere fabrikanten gemaakt, o.a. in Rusland. In Engeland en in de Verenigde Staten kwamen ze pas in 1952 in gebruik [10]): de lassers waren daar aanvankelijk nogal gekant tegen invoering van deze gemakkelijk en snel lassende elektrodes! Bij de huidige Contact-elektrodes bevat de bekleding meestal een hoeveelheid ijzer die ongeveer de helft weegt

[10]) In de Engels sprekende landen worden Contact-elektrodes ook wel met de naam „Iron powder electrodes" aangeduid, in Duitsland met de naam „Hochleistungselektroden".

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van de kerndraad. Het „rendement" van de elektrode, d.i. de verhouding tussen het gewicht van het neergesmolten metaal en de afgesmolten kerndraad, bedraagt derhalve ongeveer 150%.

De zirkoonbasische elektrodes

Reeds kort na 1943 hebben wij getracht een Contact-versie te maken van het basische type elektrode, omdat dit type het dringendst om een verbetering van de laseigenschappen vroeg. Onze pogingen zijn toen gestrand op de onvoldoende viscositeit van de verkregen slak.

Het zal duidelijk zijn dat de viscositeit van de slak van groot belang is voor de mogelijkheid om lassen te leggen in allerlei posities: lassen „in het gootje" (b.v. vullen van V-naden), verticaal opgaand en boven het hoofd lassen (positie-lassen), staande hoeklassen, enz. Voor verticaal opgaand lassen b.v. is een vrij dun vloeibare slak toelaatbaar of zelfs gewenst, daar deze gemakkelijk naar beneden afvloeit; voor staande hoeklassen daarentegen is een dun vloeibare slak ongeschikt, doordat zij bij het afzakken het vloeibare metaal aan de onderzijde van de lasrups opzij drukt (*fig. 4*).

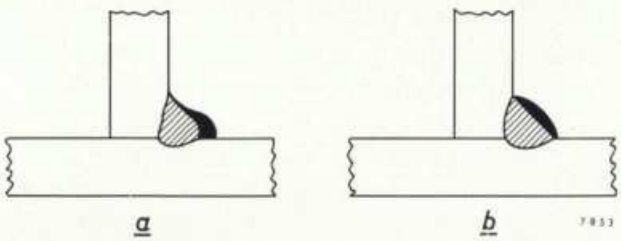


Fig. 4. Voor het leggen van een staande hoeklas is een elektrode gewenst die een viskeuze slak vormt. Is de slak te dun vloeibaar, dan drukt ze het vloeibare metaal aan de onderzijde van de lasrups opzij; dit ziet men in (*a*), terwijl (*b*) de gewenste vorm toont.

Exacte meting van de viscositeit van de slak (bij het smeltpunt van staal, ca. 1500 °C) is zeer moeilijk, daar de meetapparatuur wordt aangetast, en er zijn derhalve slechts schaarse en onnauwkeurige gegevens hierover beschikbaar. Toch kan men zeggen dat de viscositeit van zure slak bij 1500 °C in de buurt van 10 poise ligt, die van basische slak bij ongeveer de helft van die waarde. (Beider viscositeit is dus wel veel groter dan die van het vloeibare staal zelf, die 0,025 poise bedraagt.) Dat de basische slak zoveel minder viskeus is dan de zure, is aan elke lasser wel bekend: hij pleegt te zeggen dat de basische slak vloeit als water, de zure slak als stroop. Voegt men nu, om een Contact-versie te maken, aan de bekleding van een basische elektrode ijzerpoeder toe, dan blijkt de toch al dunne slak nog dunner vloeibaar te worden. Pogingen tot verdikking van de slak b.v. door toevoeging van veel rutiel (TiO_2) aan de bekleding hadden wel het gewenste effect, maar de basiciteit van de slak werd dan te klein [11]), met als gevolg minder goede mechanische eigenschappen en een grotere neiging tot poreusheid van de las.

Pas in 1957 lukte het een goede basische Contactelektrode te maken door aan de bekleding ongeveer 20% zirkoniumoxyde (ZrO_2) toe te voegen [4]). Een betrouwbare meting van de viscositeit van de slak van deze bekleding bleek ondoenlijk, niet alleen door de reeds genoemde moeilijkheid, maar door de bijkomende complicatie dat in de „zirkoonbasische" slakken tijdens de meting ZrO_2-deeltjes uitzakken (het soortelijk gewicht van ZrO_2 is 5,6 g/cm³, dat van de basische slak ongeveer 3 g/cm³). Juist dit feit wijst er echter op dat de slak een grotere viscositeit moet hebben. Immers, de ZrO_2-kristallen, met een eigen smeltpunt van 2700 °C, hebben kennelijk niet met de overige bestanddelen gereageerd maar zijn als zodanig in de vloeibare slak aanwezig. Een suspensie van vaste deeltjes in een vloeistof heeft een viscositeit η_s die groter is dan de viscositeit η_0 van de vloeistof zelf. Volgens een door Einstein afgeleide formule geldt:

$$\eta_s = \eta_0 \left(1 + \frac{5}{2}\varphi\right),$$

waarin φ de totale volumefractie van de gedispergeerde deeltjes is.

De viscositeitvergrotende werking van het ZrO_2 is zowel voor het maken van een Contact-versie van de basische elektrode alsook voor de normale versies nuttig gebleken. Met de nieuwe „zirkoonbasische" elektrode, Ph 86, kan men zonder moeite staande hoeklassen maken. De Contact-versie hiervan, typenummer C 6, met een lasrendement van ongeveer 160%, die naast de vrije-boog-versie op de markt is gebracht, is vooral geschikt voor het snel vullen van V-naden. Door de grotere viscositeit van de slak van zirkoonbasische elektrodes zijn deze echter niet geschikt voor het verticaal opgaand lassen.

Voor het lassen in verschillende posities is behalve de viscositeit ook de lengte van het smelttraject van de slak van belang (temperatuurverschil tussen het verwekingspunt en het smeltpunt, dat voor alle slakken tussen 1200 en 1400 °C ligt) [12]). Dit smelttraject kan men eenvoudig meten door stukjes slak op een platinablikje in een oven te verhitten en met

[11]) De basiciteit wordt gegeven door de moleculaire verhouding van basische en zure oxydes; in ons geval zijn dit in hoofdzaak CaO en SiO_2, met $CaO : SiO_2 \approx 1{,}5$.

[12]) G. J. Pogodin-Alexejew, Theorie der Schweissprozesse, Verl. Technik, Berlijn 1953, blz. 188.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een optische pyrometer de vormverandering te observeren. Het blijkt bij diverse zure slakken 100-200 °C te bedragen, bij een normale basische slak slechts ca. 40 °C. Bij de zirkoonbasische slak vinden we weer een veel langer traject, dat meer lijkt op dat van zure slakken.

Om nog even terug te komen op het in suspensie aanwezig zijn van ZrO_2-deeltjes: een bijkomstig gevolg hiervan is dat de slak, met name indien (en ter plaatse waar) ze niet aan de lucht is blootgesteld, een lichtgrijze kleur vertoont — als het ware een herkenningsteken van de zirkoonbasische elektrode. Zie *fig. 5*, waarin foto's van de onderzijde van twee soorten slak zijn afgebeeld.

De aanwezigheid van ZrO_2-kristallen in de slak is overigens ook door röntgendiffractieopnamen aangetoond. Bij de normale basiciteit van 1,5 gedraagt ZrO_2 zich dus kennelijk neutraal; bij nog grotere basiciteit van de slak blijkt de verbinding $CaZrO_3$ te worden gevormd.

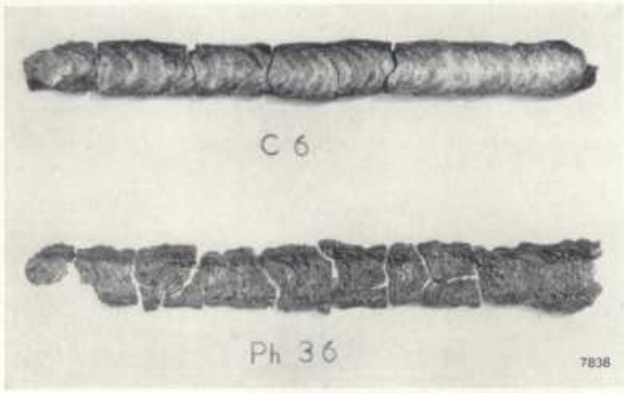


Fig. 5. De slak van een zirkoonbasische en van een basische elektrode (resp. C 6 en Ph 36). De foto toont de onderzijde van de slak, die in contact is geweest met de lasrups. De slak van C 6 is hier in het midden, waar de lucht niet heeft kunnen toetreden, lichtgrijs gekleurd door de gedispergeerde ZrO_2-deeltjes (die hier bovendien door uitzakken geconcentreerd zijn nabij het oppervlak). Legt men de lasrups niet op een vlakke plaat, zoals hier, maar in een naad, dan heeft de lucht minder toegang en is de lichtgrijze kleur nog tot aan de randen te zien.

Opvallend bij de C 6 en Ph 86 is, dat de slak zo gemakkelijk loslaat, zelfs in nauwe naden, en dat de las er zo glad uitziet. Het oppervlak van de lasrups is minder geribbeld en de overgang tussen las en plaat is gladder dan bij de basische elektrode (*fig. 6*). Hieraan is het toe te schrijven dat bij vermoeiingsproeven aan niet nabehandelde (d.w.z. niet gladgeslepen of door warmtebehandeling spanningvrij gemaakte) lasverbindingen, gemaakt met de zirkoonbasische elektrodes, ongeveer 30% grotere waarden van de vermoeiingssterkte worden verkregen dan bij dezelfde lasverbindingen, uitgevoerd met normale basische elektrodes.

Wij hebben in het begin gezien dat de invoering van de basische elektrodes gestimuleerd is door de toenemende toepassing van laaggelegeerd staal, dat lichtere constructies veroorlooft, maar waarbij hoge eisen aan de mechanische eigenschappen van de lassen worden gesteld. Een andere tendentie die zich in de techniek aftekent, is het gebruik van steeds meer zware platen, b.v. voor de bouw van kernreactors, voor zeer grote schepen, voor de chemische industrie, enz. Ook voor het lassen van zulke platen zijn de basische elektrodes met succes ingevoerd. Wij hebben uitvoerige proeven gedaan om de kerftaaiheid van lasverbindingen van zeer dikke plaat (76 mm), gemaakt met de elektrodes C 6 en Ph 86, te toetsen. Bij kamertemperatuur bleken deze elektrodes vrijwel dezelfde grote waarde van de kerftaaiheid te geven als de normale basische elektrode Ph 36 S. Bij lage temperaturen daarentegen geven de zirkoonbasische elektrodes aanzienlijk betere waarden; zie hiervoor de grafieken van *fig. 7a* en *b*, waarin tevens schetsen van het gebruikte type kerfslagstaaf en enkele gegevens over de lassen zijn te vinden. De afmetingen van de platen waren $400 \times 400 \times 76$ mm. Het totale aantal lasrupsen in elke lasverbinding bedroeg 24. Na elke lasrups werd het werkstuk omgedraaid en werd er gewacht tot de temperatuur onder 100 °C was gedaald, waarna gekoeld werd met water en gedroogd. Zodoende werd de situatie bij het in de praktijk lassen van platen van grote afmetingen beter nagebootst.

Het is bekend dat bij vele moderne lasmethodes de lasser voorzorgen moet nemen om de vrijkomende dampen zo weinig mogelijk in te ademen. Dit geldt ook voor de basische elektrodes, waarvan de dampen een geringe hoeveelheid fluoride bevatten.

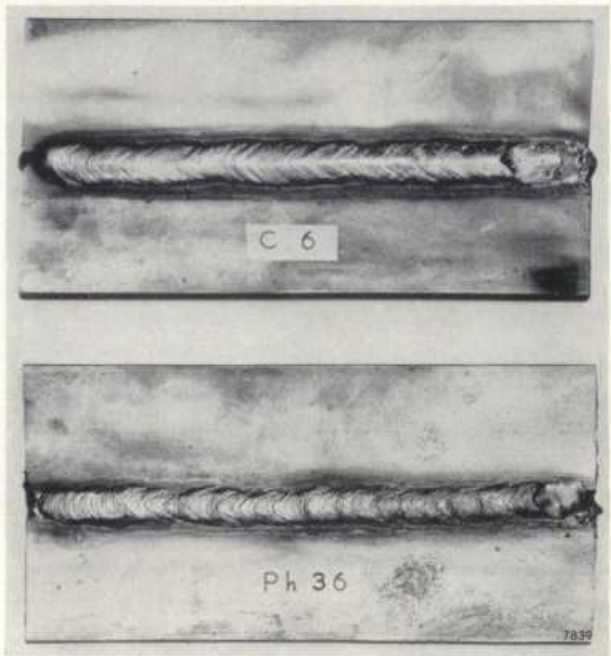


Fig. 6. Uiterlijk van een stompe las (lasrups, gelegd op een onbewerkte plaat), gemaakt met resp. een zirkoonbasische Contactelektrode C 6 en een normale basische elektrode Ph 36. Deze laatste geeft een las met een meer geribbeld oppervlak en een minder gladde aanvloeiing aan de kanten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

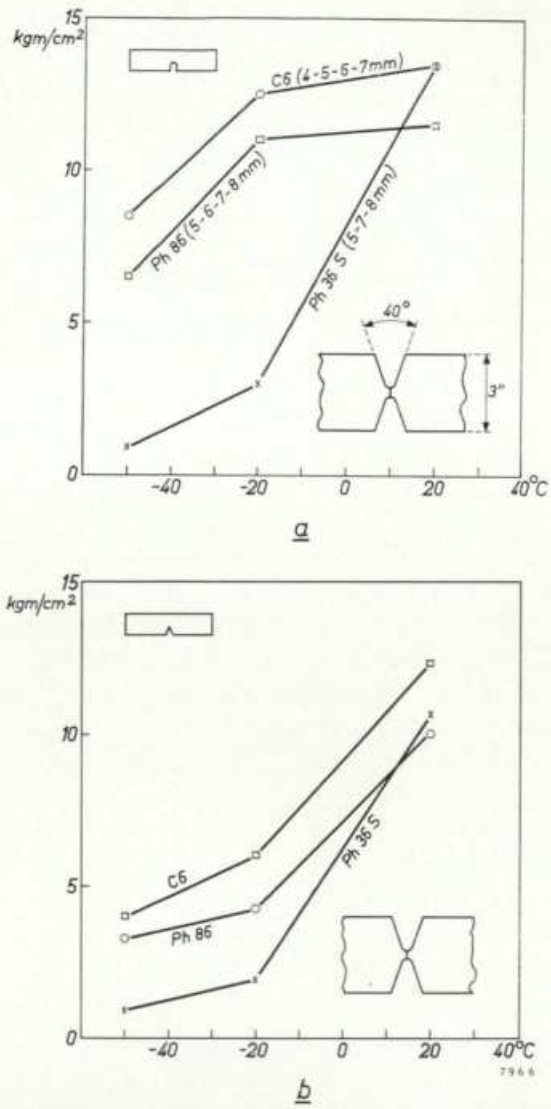


Fig. 7. *a*) Gemiddelde kerftaaiheid van een lasverbinding, gemaakt met drie soorten laselektrodes, als functie van de temperatuur. De kerftaaiheid is gemeten aan proefstaafjes 7×10 mm² van de links boven aangegeven vorm (U-kerf), genomen uit een lasverbinding in 76 mm dikke plaat, voorbewerkt zoals rechts onder geschetst.
b) Als (*a*), met proefstaafjes 8×10 mm² met een scherpe kerf (V-kerf, zie links boven).

We hebben voor basische en zirkoonbasische elektrodes de totale hoeveelheid fluor gemeten die per 100 g neergesmolten metaal in de lasdampen aanwezig is; zie *tabel I*. De gevonden hoeveelheden zijn voor de zirkoonbasische elektrodes aanzienlijk kleiner dan voor de basische, wat ook te verwachten was, daar de bekleding der zirkoonbasische elektrodes aanzienlijk minder fluorides bevat.

Tabel I. Gemeten hoeveelheid fluor in de lasdamp bij gebruik van verschillende laselektrodes.

Elektrode, type en dikte	mg F in lasdamp per 100 g neergesmolten metaal
C 6 (4 mm)	55-56
Ph 86 (5 mm)	75-77
Ph 36 S (5 mm)	97-139

Lassen in CO_2-atmosfeer

De nu te beschrijven ontwikkeling behelst een volkomen andere benadering van de problemen bij het booglassen.

Uitgaande van de kennis omtrent de samenstelling van de boogatmosfeer bij het lassen met basische elektrodes, deden wij in 1952 proeven met lassen in mengsels van CO en CO_2. Al spoedig stapten wij af van de toevoeging van CO, dat betrekkelijk kostbaar en bovendien wegens zijn giftigheid minder gewenst is. Lassen in een boogatmosfeer van uitsluitend CO_2 was reeds in 1926 geprobeerd, maar het resultaat was toen een brosse en poreuze las. We zullen hieronder uiteenzetten hoe wij dit hebben weten te vermijden, doch het is daartoe gewenst eerst een beschrijving van de gehele methode te geven zoals ze nu wordt toegepast.

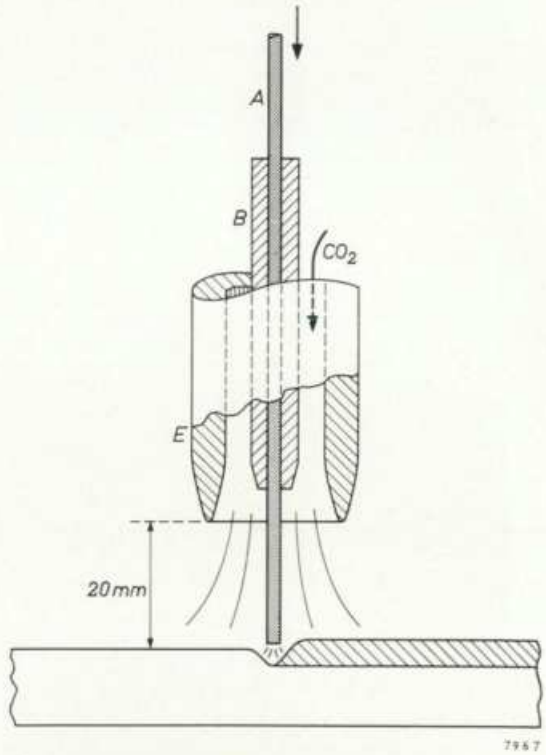


Fig. 8. Schets van het onderste gedeelte van de laskop. *E* is het met water gekoelde mondstuk voor het uitstromen van het CO_2, met draadgeleidingsbuisje *B* waardoorheen het te verlassen blanke draad *A* wordt geduwd. Via het buisje, waarvan de monding zich op slechts ca. 25 mm van het afsmeltende einde van het draad bevindt, wordt de stroom aan het draad toegevoerd. Voor een goed contact is het essentieel dat het draad niet van te voren gericht wordt.

Het uit het buisje *B* stekende stukje draad wordt door de joulewarmte van de stroom voorverwarmd. Dit effect, dat bij de toegepaste grote stroom en kleine draaddiameter heel belangrijk is, heeft men door variatie van de uitsteeklengte (hier ca. 25 mm) nog in hoge mate in de hand, aangezien hiermee de tijdsduur voor het verzamelen van warmte door elk draadelement wordt geregeld. Dit effect is in dit laboratorium reeds in 1943 door Th. Hehenkamp onderkend en beschreven (V.S. octrooi 2 475 835).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Belangrijkste eigenschappen van het CO_2-lassen

Zoals in het overzicht aan het begin reeds werd gezegd, is het CO_2-lassen gebaseerd op het verlassen van blank draad dat van een haspel afloopt en door een motor naar de lasboog wordt gevoerd. Dit is een werkwijze die het zonder onderbrekingen lassen van lange naden mogelijk maakt en die bijzonder geschikt is voor het automatisch of semi-automatisch lassen.

Het belangrijkste verschil tussen het verlassen van afzonderlijke elektrodes en het lassen met doorlopend draad bestaat wel in de wijze waarop de stroom wordt toegevoerd. Aan het draad voert men de stroom toe dicht bij het afsmeltende einde, door middel van een draadgeleidingsbuisje, zoals in *fig. 8* is geschetst. Hierdoor kan met veel grotere stroomdichtheid en dus met grotere lassnelheid worden gewerkt dan bij het lassen met elektrodes, waarbij de stroom normaal aan het achterste einde wordt toegevoerd, dus op 35 of 45 cm afstand van de boog. Een elektrode van 2 mm kerndraaddiameter b.v. wordt verlast met een stroom van ten hoogste 70 A; bij grotere stroom zou de elektrode te heet, eventueel zelfs roodgloeiend worden, met als gevolg ontleding van de bekleding en andere narigheden. Bij het CO_2-lassen van doorlopend draad van dezelfde dikte daarentegen last men met stromen tot 700 A!

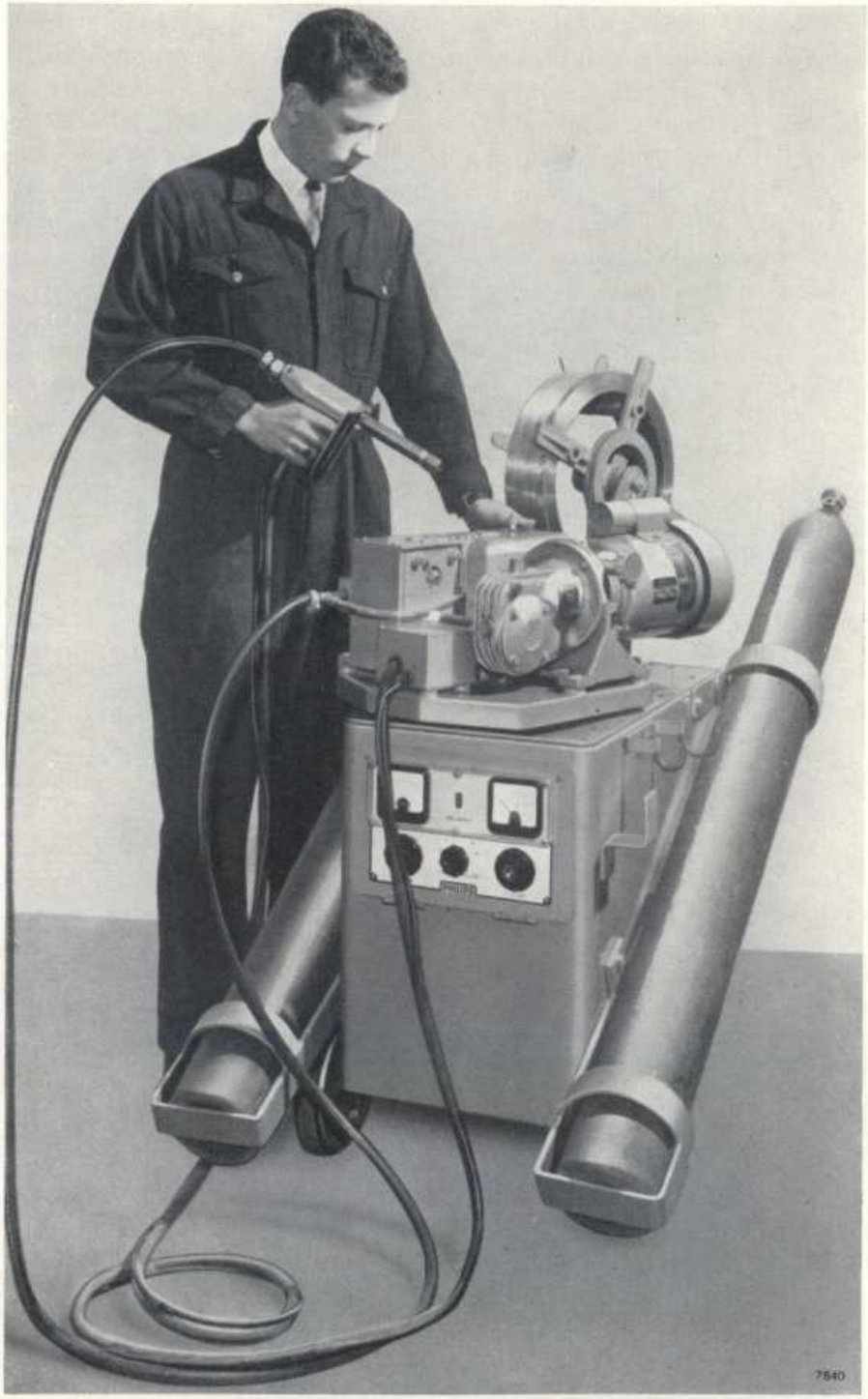


Fig. 9. Complete opstelling voor semi-automatisch lassen in CO_2-atmosfeer. Het te verlassen blanke staaldraad wordt vanaf de grote haspel door middel van de daaronder zichtbare elektromotor en via de lange flexibele buis toegevoerd aan de pistoolvormige houder, die de lasser langs de te lassen naad voert. De stroom (gelijkstroom, tot 300 A bij het afgebeelde apparaat) wordt ook hier vlak bij het afsmeltende einde aan het draad toegevoerd, en via een ringvormige opening stroomt koolzuur (uit een der beide stalen flessen) om het afsmeltende einde en de boog.

In fig. 1 hebben wij reeds een apparatuur voor geheel automatisch CO_2-lassen afgebeeld. Men ziet daarin de motor *(M)* die door twee hardstalen rollen het van de haspel aflopende draad aan de lasboog toevoert. Het draad wordt met een regelbare drukkracht tussen de rollen geklemd, en het toerental van de motor kan met een knop *(K)*

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

continu gevarieerd worden. Het mondstuk *(E)*, in welks as zich het draadgeleidingsbuisje bevindt en door welks ringvormige opening het CO_2-gas uitstroomt, is dubbelwandig en wordt met water in een gesloten circuit gekoeld.

In *fig. 9* is een complete opstelling voor semi-automatisch CO_2-lassen weergegeven.

De warmteontwikkeling door de stroom wordt bij alle lasmethodes die met bescherming door gas alleen werken, bijzonder rationeel gebruikt, daar geen slak behoeft te worden gesmolten. De neersmeltsnelheid (bij gegeven stroom) is daardoor bij deze methodes aanzienlijk groter dan b.v. bij de boven besproken elektrodes: bij het CO_2-lassen wordt 0,30-0,40 gram per ampèreminuut neergesmolten. Daar komt bij het CO_2-lassen nog een bijzonder gunstige vorm van de inbranding bij: terwijl lassen in argon een V-vormige inbranding geeft (*fig. 10a*), krijgt men bij lassen in CO_2 een U-vormige inbranding (fig. 10*b*), die bovendien bij gelijke stroom enkele mm dieper is dan met argon. Het gevolg van een en ander is dat bij het CO_2-lassen in het algemeen met minder afschuining van de te lassen gedeelten, dus met nauwere naden, kan worden gewerkt, die met minder lasrupsen kunnen worden gevuld.

Dit alles maakt het CO_2-lassen tot een zeer snel lasproces. De snelheidswinst ten opzichte van methodes die met losse elektrodes werken, wordt natuurlijk nog vergroot doordat men niet meer elke minuut behoeft te stoppen voor het inzetten van een nieuwe elektrode. In vergelijking met de belangrijke continue methode van het lassen onder poederdek (zie aan het slot) is het een gunstige factor dat bij het CO_2-lassen geen tijd nodig is voor het verwijderen van slak van de lasrups.

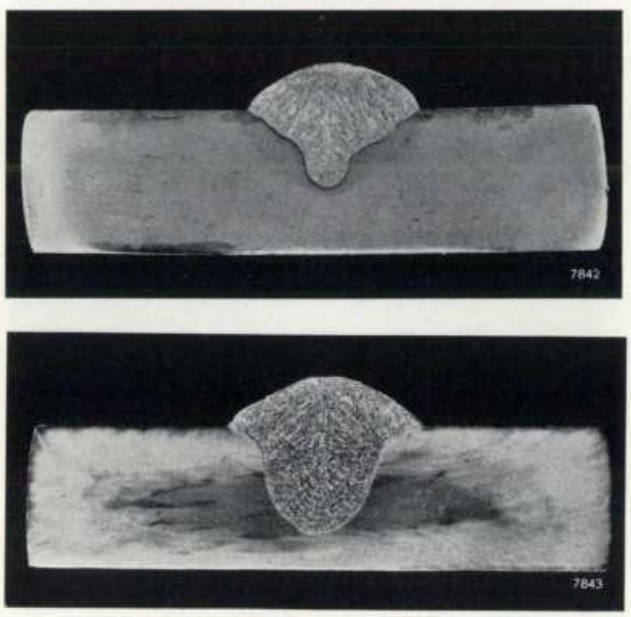


Fig. 10. Geëtste doorsneden van lasrupsen, gelegd met 2 mm dik blank draad op een vlakke plaat van 13 mm dikte, bij een stroom van 480 A en een voortloopsnelheid van 40 cm per minuut: *a*) gelast in argon + 5% zuurstof, *b*) gelast in CO_2. Bij (*a*) heeft men een V-vormige inbranding, 7 mm diep, bij (*b*) een U-vormige inbranding, 10 mm diep.

Behalve naar de snelheid van het lassen zal men vooral vragen naar de mechanische eigenschappen van de verkregen lassen. We zullen straks uitvoerig ingaan op de wijze waarop bij het CO_2-lassen de vereiste bescherming van het metaal wordt verkregen, maar we kunnen alvast vermelden dat het neergesmolten metaal ongeveer dezelfde mechanische eigenschappen heeft als bij het lassen met basische elektrodes. Wat de eigenschappen van de las betreft: indien men een nuttig gebruik maakt van de zojuist vermelde diepe inbranding, die bij het CO_2-lassen kan worden verkregen, dan zal het neergesmolten metaal worden vermengd met een groot percentage gesmolten materiaal van het werkstuk. De mechanische eigenschappen van de las worden dan mede hierdoor bepaald. Bovendien is het aantal lagen van belang: méér lagen betekent meermalen uitgloeien van de voorgaande lasrupsen en derhalve in het algemeen een verbetering van de structuur en een grotere taaiheid van de las. Overigens maakt de diepe inbranding van het CO_2-lassen in sommige gevallen wel extravoorzorgen nodig. Is nl. de breedte van de inbranding geringer dan de diepte, hetgeen kan ontstaan door een zeer kleine booglengte bij grote stroom, dan kunnen in de lasrups inwendige krimpscheuren (zg. warmscheuren) optreden. Dit verschijnsel is ook bij andere lasmethodes bekend. De remedie is in alle gevallen het vergroten van de booglengte en/of het wijder maken van de te lassen naad.

De bescherming van het metaal in CO_2

Wordt het vloeibare metaal in de lasboog omspoeld door CO_2, dan is het volledig beschermd tegen de stikstof van de lucht. Ook de zuurstof van de lucht heeft geen toegang tot de overgaande metaaldruppels, maar deze staan toch in hoge mate bloot aan oxydatie: het CO_2 zelf dissocieert al bij betrekkelijk lage temperatuur in CO en zuurstof, en bij de temperatuur van de lasboog kan men een vrijwel volledige dissociatie, dus een hoge partiële zuurstofdruk, verwachten (zie fig. 13).

De oxyderende werking van het gedissocieerde CO_2 is klaarblijkelijk de oorzaak geweest van de porositeit der verkregen lassen waarop de proeven van 1926 zijn gestrand. De proeven die wij in 1952 begonnen, waren gebaseerd op de gedachte dat de oxyderende werking kon worden gecompenseerd

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

door aan het te verlassen staaldraad desoxyderende bestanddelen toe te voegen, d.w.z. legeringselementen zoals titanium, silicium, mangaan en andere, waarvan de oxydes een grote vormingswarmte bezitten en die daardoor de „beschikbare" zuurstof grotendeels binden. Men heeft b.v. de reactievergelijkingen:

$$Si + 2\ CO_2 \rightleftharpoons SiO_2 + 2\ CO,$$

$$Mn + CO_2 \rightleftharpoons MnO + CO.$$

Gezien de verwachte hoge partiële zuurstofdruk (bij volledige dissociatie in de boog zelfs meer dan 50%), meenden wij aanvankelijk dat vrij grote percentages van de toevoegingen nodig zouden zijn. De experimenten leerden echter al spoedig dat de oxyderende werking van het CO_2 gering was, zelfs geringer dan die van de lucht (partiële zuurstofdruk 20%) — een verrassend feit, waarop wij in hetgeen volgt nog terugkomen. Een toevoeging van 0,3% Si + 0,3% Mn bleek onder gunstige omstandigheden reeds voldoende om porositeit in het lasmetaal te voorkomen [7]). De resultaten van een representatieve proef, die de relatief geringe oxydatie illustreert, zijn in *tabel II* samengevat. Een bepaalde soort las werd bij deze proef achtereenvolgens in drie verschillende gasatmosferen gemaakt: CO_2, lucht, en argon + 20% O_2. In de laatstgenoemde atmosfeer was, zoals men ziet, zuurstof met ongeveer dezelfde partiële druk als in lucht aanwezig,

Tabel II. De afbrand van silicium in verlast staaldraad van 1,6 mm dikte, bij lassen in drie verschillende gasatmosferen. In alle drie gevallen bevatte het draad 0,9% Si en bovendien 0,1% C, 1,6% Mn, 0,02% P en 0,02% S. Het metaal werd met gelijkstroom van 340 A (draad aan plus-pool) bij 32-33 V boogspanning en een voortloopsnelheid van 40 cm/min neergesmolten in een wijde V-naad in 16 mm dikke staalplaat. De naad werd gevuld met 8 lasrupsen, tussen opvolgende rupsen werd de las tot 100 °C afgekoeld. Aan het mondstuk van het lasapparaat werd per minuut 25 liter van het beschermende gas toegevoerd.

Beschermend gas	Si in neergesmolten metaal %	Afbrand van Si in het verlaste draad %
CO_2	0,46	48
lucht	0,30	67
argon + 20% O_2	0,27	70

zodat deze proef kon aantonen of de stikstof van de lucht bij de oxydatie nog een rol speelt. Het verlaste draad had ongeveer dezelfde samenstelling als het nu voor het CO_2-lasproces gebruikte; het bevatte 0,9% Si en 1,6% Mn, naast diverse andere elementen. De in de tabel vermelde uitkomsten van de analyse van het neergesmolten metaal tonen dat bij lassen in CO_2 relatief het minste van het Si verdwijnt (de „afbrand" van Si is verreweg het kleinst). Verdere proeven leerden dat CO_2 wat betreft de afbrand van Si en Mn zich gedraagt als argon + ongeveer 9% O_2.

De betrekkelijk geringe percentages Si en Mn waarmee men dank zij dit gunstige gedrag kan volstaan, kunnen zonder bezwaar aan het te verlassen staaldraad als legeringselementen worden toegevoegd. Een volmaakte afscherming van het ijzer door het toegevoegde Si en Mn is natuurlijk (op reactiekinetische gronden) niet te verwachten, ook al wordt b.v. het Si (zie tabel II) geenszins volledig „verbruikt": een kleine hoeveelheid Fe wordt geoxydeerd, en alle reactieprodukten te zamen vormen silicaten, die als een dun vliesje slak op de lasrups teruggevonden worden. Indien een tweede lasrups op de eerste wordt aangebracht, laat men in vele gevallen dit vliesje zitten.

Bij de samenstelling van het staal voor het te verlassen draad moet ook rekening gehouden worden met de altijd aanwezige koolstof. Zeer lage koolstofgehaltes in het neergesmolten metaal kunnen — gesteld dat men dit zou wensen — niet worden gerealiseerd, aangezien bij verlassen van draad met zeer weinig C (b.v. 0,03%) het neergesmolten metaal juist een „opkoling" vertoont (tot ongeveer 0,05%). De verklaring hiervan is dat de overgaande druppels omgeven worden door een schil van bijna zuiver CO, in welk gas opkoling van ijzer mogelijk is.

Het verdere lot van het zojuist genoemde CO, dat door dissociatie van CO_2 maar ook door de eerder genoemde reacties met Si, Mn enz. ontstaat, mag ons wegens de giftigheid ervan niet onverschillig laten. Men zou geneigd zijn te onderstellen dat het CO door de zuurstof van de omringende lucht weer geoxydeerd zal worden. Bij metingen van de hoeveelheid CO, mèt en zonder toetreding van lucht tot de omgeving van de CO_2-boog, hebben we gevonden [7]) dat dit slechts gedeeltelijk waar is: door de sterke verdunning van CO met CO_2 blijft er een deel van het CO onverbrand in de lasdampen achter. Bij een toevoer van 20 liter CO_2 per minuut vindt men $\frac{1}{2}$ liter CO per minuut in de gassen die van de lasplaats opstijgen. Luchtverversing is dus bij het CO_2-lassen, evenals bij de meeste andere lasprocessen, een noodzakelijkheid, althans in kleine werkplaatsen.

De druppelovergang bij het CO_2-lassen

Voor de ontwikkeling van een lasmethode is het gewenst een goede voorstelling te hebben omtrent de wijze waarop het afsmeltende metaal in de lasboog overgaat naar het werkstuk. Vanaf het begin van de ontwikkeling van het CO_2-lassen hebben wij

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dan ook de druppelovergang hierbij bestudeerd met behulp van een zeer snelle 16-mm-filmcamera [13]). Het resultaat is geweest dat wij een redelijk bevredigende verklaring kunnen geven voor de relatief geringe oxyderende werking, die we hierboven hebben besproken.

De genoemde camera maakt tot 3000 opnamen per seconde; bij normaal projecteren (24 beelden per seconde) van de film ziet men dus het lasproces zich ruim 100 maal vertraagd afspelen. *Fig. 11* geeft de gebruikte opstelling weer. Er wordt een lasrups gelegd op een vlakke stalen plaat. Niet de lasboog maar de plaat wordt voortbewogen, zodat de filmcamera en de verlichting vast kunnen zijn opgesteld. Bij het filmen gebruikten wij een lange boog, met het afsmeltende einde van het draad ca. 7 mm boven het plaatoppervlak, om zoveel mogelijk te zien wat zich in de boog afspeelt. Bij het lassen

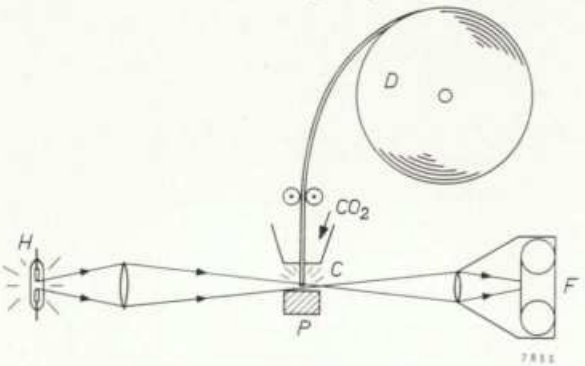


Fig. 11. Opstelling, gebruikt bij het filmen van de druppelovergang bij het CO_2-lassen. *C* lasboog met afsmeltend eind van het te verlassen draad, dat automatisch vanaf de haspel *D* wordt toegevoerd, terwijl het werkstuk *P* in de richting van de beschouwer wordt verplaatst. *F* 16-mm-filmcamera die tot 3000 opnamen per seconde kan maken. *H* met water gekoelde hogedrukkwiklamp, die met behulp van een lens een voldoend heldere achtergrond voor de te filmen lasboog levert.

in de praktijk is een korte boog verre te verkiezen, o.a. om het materiaalverlies door spatten te verminderen (dit geldt overigens voor alle booglasmethodes). Men zorgt dan dat het afsmeltende einde van het draad zich slechts 2 mm of nog minder boven het oppervlak van het werkstuk bevindt. Dit is mogelijk doordat bij de enorme stroomdichtheid waarmee men bij het CO_2-lassen werkt (ongeveer 20 000 A/cm²), de „boogdruk", direct nadat het werkstukmateriaal tot smelten is gebracht, hierin als het ware een holte blaast en aldus zelf zijn booglengte schept. Doordat de boog dan grotendeels in de holte brandt, is niet alleen het materiaalverlies door spatten maar ook het energieverlies door straling in de ruimte beperkt.

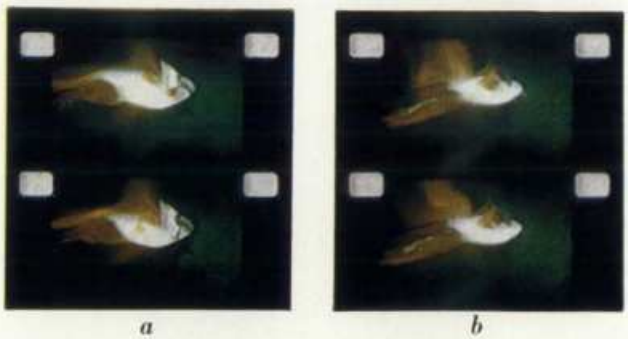
[13]) Zie de in [7]) aangehaalde artikelen. Dezelfde opstelling is gebruikt voor het onderzoek van de druppelovergang van beklede elektrodes: P. C. van der Willigen en L. F. Defize, Philips techn. T. **15**, 89, 1953.

Uit de filmopnamen is gebleken dat tijdens het lassen in CO_2-atmosfeer het materiaal overgaat in de vorm van zeer grove druppels, met een diameter van 3-4 mm, onafhankelijk van de diameter van het gebruikte draad; zie *tabel III*. De druppels

Tabel III. Gemiddelde grootte van de overgaande metaaldruppels bij CO_2-lassen met draad van verschillende dikte.

Draad-diameter mm	Gebruikte stroom A	Stroom-dichtheid A/cm²	Druppel-diameter mm
2,5	490	10 000	3,7
2,0	315	10 000	4,0
1,2	110	10 000	3,6

groeien asymmetrisch aan het einde van het draad, naar de zijde van de reeds gelegde lasrups. Dit scheef afsmelten van het draad blijkt hiermee samen te hangen dat bij de vrij snelle relatieve verplaatsing van boog en werkstuk (b.v. 110 cm/min) de boog staat op het heetste deel van het werkstuk, d.i. het laatst neergesmolten metaal, en dat het einde van het draad alleen van die zijde straling ontvangt. De groeiende druppel snoert zich op een gegeven ogenblik af, de boog springt van de druppel op het draad over, en de druppel komt, al draaiende (wat op de films fraai te zien is), langs een gekromde baan in de laspoel terecht. Doordat de boog, zoals beschreven, zijn eigen booglengte schept, veroorzaken de vermelde grove druppels toch geen kortsluiting. *Fig. 12* geeft enkele foto's uit een kleurenfilm, opgenomen met schuin naar beneden gerichte camera, waarbij de holte die de boog heeft geblazen en het scheef afbranden van het draad goed zijn te zien.



a *b*

Fig. 12. Afzonderlijke foto's uit een 16-mm-kleurenfilm van het CO_2-lassen, zoals dit in de praktijk wordt toegepast (met korte boog). De film is gemaakt met 2000 opnamen per seconde, de camera was schuin naar beneden gericht, zodat men enigszins in de holte kijkt die de boog in het werkstuk heeft geblazen. Links ziet men het aangroeiende einde van de lasrups, rechts, boven de laspoel, het afsmeltende einde van het draad en de overgaande druppel (bijzonder duidelijk in de rechterfoto's; onder de laspoel ziet men hier de weerspiegeling van het elektrodedraad in het glimmende oppervlak van het werkstuk).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Uit eerder onderzoek [14]) was bekend (en onze proeven hebben dit bevestigd) dat de druppelovergang bij lassen in argon geheel anders verloopt, vooral wanneer er enkele % zuurstof aan het argon zijn toegevoegd: aan het einde van het afsmeltende draad worden kleine druppels gevormd en in het verlengde van het draad afgesplitst. Bij vergroting van de stroom worden de druppels steeds kleiner en ze zijn op het laatst zelfs niet meer afzonderlijk waar te nemen [15]).

In de filmopnamen ziet men nog een ander opmerkelijk verschil tussen argon en CO_2: het gloeiende plasma van de boog bedekt bij argon het draadeinde inclusief de aanhangende druppel, bij CO_2 daarentegen slechts een gedeelte van de druppel, ten hoogste de helft van zijn oppervlakte. Zonder hier op de vele en ten dele nog onopgehelderde details in te gaan, willen we hier vermelden dat men dit verschil in uitbreiding van het plasma zeer waarschijnlijk kan toeschrijven aan een verschil in contractie van het plasma [16]). Zowel bij argon als bij CO_2 heeft men de bekende contractie door de magnetische aantrekking van de stroombanen („pinch"-effect), maar de contractie wordt versterkt door plaatselijke afkoeling van het gas [17]), met name in de buurt van het betrekkelijk koude afsmeltende draad, en dit effect zal het sterkst zijn in die gassen die de grootste warmtegeleiding bezitten — een eigenschap die men bij de hoge boogtemperaturen in het bijzonder aantreft bij gassen die dan dissociëren, zoals H_2 en N_2 en vooral CO_2 (zie *fig. 13*).

De geconstateerde verschillen tussen argon en CO_2 wat betreft druppelgrootte en wat betreft plasmacontractie staan ongetwijfeld met elkaar in verband. Is de doorsnede van het contactoppervlak tussen plasma en druppel kleiner dan de doorsnede van de nek van de druppel, zoals bij CO_2, dan resulteert er een naar boven gerichte elektrodynamische kracht, die nog versterkt wordt door de boogdruk. De druppel krijgt daardoor gelegenheid om tot flinke grootte te groeien, totdat het pinch-effect in de nek van de druppel in samenwerking met zwaartekracht en oppervlakspanning het afsnoeren van de druppel en afspringen van de boog (zie boven) teweegbrengt. Is het contactoppervlak echter groter, zoals bij

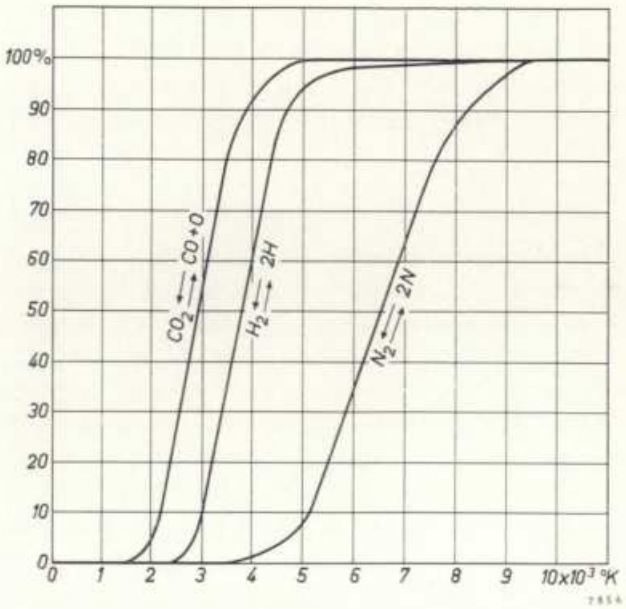


Fig. 13. Dissociatiepercentage van verschillende meeratomige gassen, als functie van de temperatuur, bij 1 atm druk. (Ontleend aan: H. Ludwig, Welding J. **38**, 296S, 1959.)

argon (*fig. 14*), dan resulteert er een naar beneden gerichte kracht. De druppels worden dan afgesplitst en gaan naar de laspoel over vóór ze groot kunnen worden.

We hebben zolang stilgestaan bij deze verschijnselen, omdat zij naar onze mening de relatief geringe oxyderende werking die het staal in de CO_2-atmosfeer ondergaat, enigszins begrijpelijk maken. Immers, door het grote volume van elke overgaande druppel èn door de slechts gedeeltelijke aanraking van de druppel met het zeer hete plasma is het aan oxydatie onderhevige oppervlak relatief klein. Waarschijnlijk spelen echter bij de oxydatie nog andere factoren een rol, zoals b.v. de zeer korte tijd waarin de druppel gevormd wordt en overgaat, de hevige

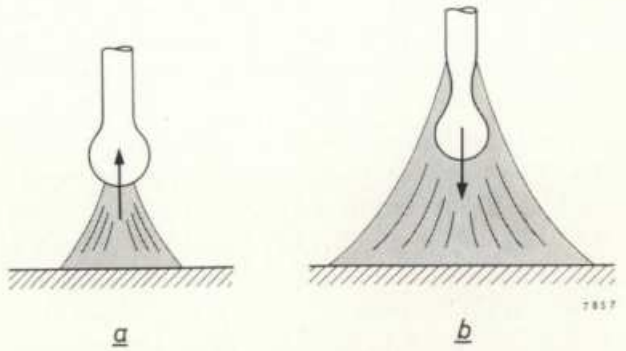


Fig. 14. Druppelvorming aan het afsmeltende einde van het draad, *a*) bij lassen in CO_2, *b*) bij lassen in argon + 5% zuurstof. Het boogplasma (in grijze tint aangegeven) bedekt bij (*a*) slechts een relatief klein gedeelte van het oppervlak van de druppel. Elektrodynamische en andere krachten geven bij (*a*) een resulterende kracht in opwaartse richting, waardoor de druppel tot flinke grootte kan uitgroeien; bij (*b*) resulteert een kracht in neerwaartse richting, waardoor de druppels klein blijven.

[14]) H. T. Herbst en T. McElrath, Welding J. **30**, 1084, 1951.
[15]) We hebben behalve argon ook helium bij ons onderzoek betrokken: wat de druppelovergang betreft, lijkt He bij grote stroom op Ar, bij kleine stroom op CO_2.
[16]) L. F. Defize en P. C. van der Willigen, Brit. Welding J. **7**, 297, 1960.
[17]) In de zg. plasma-brander, die men thans reeds veel toepast voor het produceren van buitengewoon hoge temperaturen (b.v. 10 000 °C), gebruikt men een door water gekoelde koperen wand om het boogplasma in te snoeren. Zie b.v. Welding and Metal Fabrication **27**, 287, 1959.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

beroering waarin het vloeibare materiaal verkeert, enz. Voor een kwantitatieve verklaring van de processen en met name van de gemeten percentages van afbrand van Si en Mn is ons inzicht nog niet voldoende.

Vergelijking van CO_2-lassen met andere lasmethodes

In de metaalindustrie zijn er talrijke enigszins op elkaar gelijkende mechanische bewerkingsmethodes, die naast elkaar en op gebieden die elkaar soms overlappen recht van bestaan hebben, zoals boren, ponsen, draaien, frezen, zagen, autogeen snijden, enz. Evenmin als men aan een van deze methodes de erepalm als „beste" kan toekennen, is dit voor een van de talrijke hier genoemde lasmethodes het geval. Een onderlinge vergelijking moet meer de betekenis hebben van een poging tot afbakening van toepassingsgebieden.

Stellen we eerst het CO_2-lassen tegenover het lassen met basische en zirkoonbasische elektrodes, dan dient erop te worden gewezen dat al deze methodes geschikt zijn voor vloeistaal èn laaggelegeerd staal (St 52), maar dat het CO_2-lassen hogere investeringskosten meebrengt en dus niet in aanmerking zal komen waar slechts geringe hoeveelheden laswerk te doen zijn. Ook geeft de zirkoonbasische elektrode een gladdere las en zal dus de voorkeur verdienen waar het op een bijzonder verzorgd uiterlijk aankomt. Een beperking van het CO_2-lassen, althans bij de tegenwoordige stand van de techniek, is verder dat men hierbij gelijkstroom dient te gebruiken, wat wederom een duurder lasapparaat vereist. Voor wisselstroom is het CO_2-lassen minder geschikt, aangezien CO_2 een hoge ionisatiespanning heeft, zodat voor betrouwbare herontsteking een wel erg hoge open spanning van de lastransformator nodig zou zijn. (Dit bezwaar kan men elimineren door speciaal draad te gebruiken, waarop of waarin een gemakkelijk elektronenemitterende, b.v. cesiumhoudende, stof is aangebracht.)

Heeft men daarentegen te maken met massafabricage of met het leggen van zeer lange lasnaden, waarbij de investeringskosten minder gewicht in de schaal leggen, dan gaat het CO_2-lassen het al spoedig winnen door zijn zeer grote lassnelheid. Deze komt vooral tot zijn recht als men overgaat tot gedeeltelijke of volledige automatisering, waartoe het CO_2-lassen zich zo voortreffelijk leent. In feite is er, als het om volledig automatiseren gaat, slechts één andere lasmethode die naast het CO_2-lassen dient te worden beschouwd: het lassen onder poederdek, de tot dusver meest toegepaste automatische lasmethode.

In het begin van dit artikel hebben we deze methode reeds heel kort gekarakteriseerd. *Fig. 15* moge de werkwijze nog verduidelijken. Van een haspel aflopend blank draad wordt continu toegevoerd en afgesmolten in een boog die toegedekt

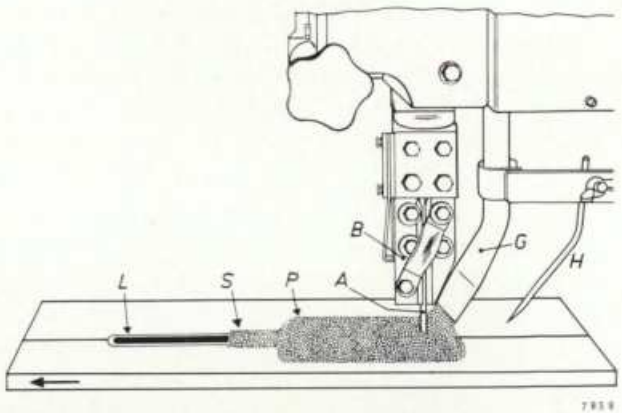


Fig. 15. Lassen onder poederdek. *A* afsmeltend blank draad. *B* stroomtoevoer. *G* buis waardoor continu het slakvormende poeder over de lasboog wordt gestrooid. De boog zelf is daardoor onzichtbaar doch brandt in een holte in de poederlaag. *S* lasrups met slaklaag. *L* lasrups, ontdaan van slaklaag. *H* instelbare wijzer voor het richten van de boog op de te lassen naad.

wordt door onafgebroken opbrengen van een grofkorrelig slakvormend poeder. Het feit dat de boog geheel aan het oog onttrokken is, bepaalt in hoge mate de eigenschappen van het lasproces: 1) men kan met zeer grote stromen werken, daar de intense straling geen hinder veroorzaken kan; 2) relatief goed gebruik van de warmte, want er gaat geen warmte door straling naar buiten verloren; 3) de methode leent zich alleen goed voor geheel automatisch lassen, want als men de laskop met de hand wil laten besturen, moet de lasser, die de boog niet kan zien, dit min of meer op het gevoel doen. Dit is dus de keerzijde van het op zichzelf prettige feit dat men de ogen in het geheel niet behoeft te beschermen. Wat punt (1) betreft: aanvankelijk heeft men stromen van 1000 A en meer gebruikt, zodat zeer grote lassnelheden werden bereikt en dikke lasnaden veelal in één laag konden worden gelegd. Later bleek, dat zulk een éénrups-las een te grove structuur heeft („gietstructuur"), waardoor de mechanische eigenschappen te wensen overlaten. Men is daarom van de extreem grote stromen teruggekomen. De lassnelheid is desniettemin nog zeer groot.

Bij een vergelijking tussen het CO_2-lassen en het lassen onder poederdek moet dan ook eerst worden vastgesteld dat de beide methodes elkaar in lassnelheid niet veel toegeven en dat het dus veeleer secundaire gezichtspunten zullen zijn die de ene

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dan wel de andere methode de voorkeur laten verdienen. We noemen er hier enkele.

Bij het CO_2-lassen ontstaat er door spatten tijdens het lassen geleidelijk een vernauwing van het mondstuk waaruit het gas stroomt. Dit moet daarom geregeld worden schoongemaakt. Bij lassen onder poederdek is spatten geheel uitgesloten, zodat men dit bezwaar niet heeft. Daar staat tegenover dat het hierbij tijd kost om geregeld het overtollige poeder en de gevormde slak van de lasrups te verwijderen. Dit geldt vooral voor nauwe naden, waar de slak uitgebikt moet worden. Ook is het minder aangenaam dat de werkplaats ten gevolge van de verwijderde slak moeilijk schoon te houden is. Bij lassen met bescherming door gas alleen is het juist prettig dat het gas, na zijn plicht gedaan te hebben, vanzelf verdwijnt of gemakkelijk continu kan worden afgezogen.

We hebben er reeds op gewezen dat het smelten van de slak warmte opeist. De neersmeltsnelheid in gram per ampèreminuut wordt daardoor kleiner. *Tabel IV*, waarin ook enkele in dit artikel eerder vermelde waarden van de neersmeltsnelheid opgenomen zijn, laat zien dat bij bescherming door CO_2 de hoogste waarden verkregen worden.

Tabel IV. Neersmeltsnelheid in gram metaal per ampèreminuut (globale waarden) bij verschillende soorten lasmethodes.

Beklede elektrodes met vrije boog	0,17
Contact-elektrodes	0,24
Lassen onder poederdek	0,24-0,30
Lassen in CO_2-atmosfeer	0,30-0,40

Het profiel van de lasrups is bij het CO_2-lassen vaak minder vlak. Dit is vooral merkbaar bij het stomp aan elkaar lassen van twee platen (I-naad). Bij het lassen onder poederdek vloeit het neergesmolten metaal meer uit.

Lassen onder poederdek is soms slecht uitvoerbaar in een vochtige atmosfeer, doordat het poeder water aantrekt. Anderzijds wordt CO_2-lassen soms bemoeilijkt door zijwind, die het beschermende gas weg wil blazen; men moet dan een scherm of gordijn aanbrengen, of de toevoer van CO_2 vergroten.

Ten slotte: daar bij lassen onder poederdek het poeder door de zwaartekracht op zijn plaats gehouden wordt, is verticaal en boven het hoofd lassen hierbij natuurlijk onmogelijk. Bij CO_2-lassen heeft men in deze posities geen moeilijkheden.

Hoewel de nog jonge methode van het CO_2-lassen in opmerkelijk korte tijd in de gehele wereld is doorgedrongen en nog steeds toenemende belangstelling trekt, zal het gegeven overzicht wel duidelijk hebben gemaakt dat we niet zouden willen voorspellen dat het lassen onder poederdek erdoor zal worden verdrongen. Men moet veeleer aannemen dat voor beide methodes ruimte in de techniek zal zijn — evenals voor het lassen met losse elektrodes en voor de talrijke speciale varianten die er nog bestaan van lasmethodes die het lasmetaal beschermen met slak, met gas of met combinaties van beide.

Samenvatting. De vele bestaande methodes voor het booglassen van staal kan men indelen naar de wijze waarop het gesmolten metaal beschermd wordt tegen de invloed van de atmosfeer: dit kan geschieden door slak (b.v. lassen „onder poederdek"), door gas (b.v. argon of CO_2), of door slak en gas gecombineerd (b.v. bij beklede laselektrodes). Drie ontwikkelingen uit het Philipslaboratorium te Eindhoven, vallende onder de tweede en derde categorie, worden nader besproken: de Contact-elektrodes, de zirkoonbasische elektrodes en het CO_2-lassen.

Contact-versies van de elektrodes met zure bekleding worden sinds 1947 op grote schaal toegepast, omdat ze het lassen gemakkelijker en sneller maken en ook andere goede eigenschappen hebben. Van de basische (waterstofarme) elektrodes, die in het bijzonder voor het lassen van laaggelegeerd staal (St 52) worden gebruikt, kon niet zomaar een Contact-versie gemaakt worden, aangezien de viscositeit van de slak dan te gering werd. Hierin is verbetering gebracht door ZrO_2 aan de bekleding toe te voegen. De op deze grondslag ontwikkelde „zirkoonbasische" elektrodes (de Ph 86 en, als Contact-versie, de C 6) leveren in de laspositities onder de hand zeer fraaie resultaten wat betreft uiterlijk en mechanische eigenschappen van de las.

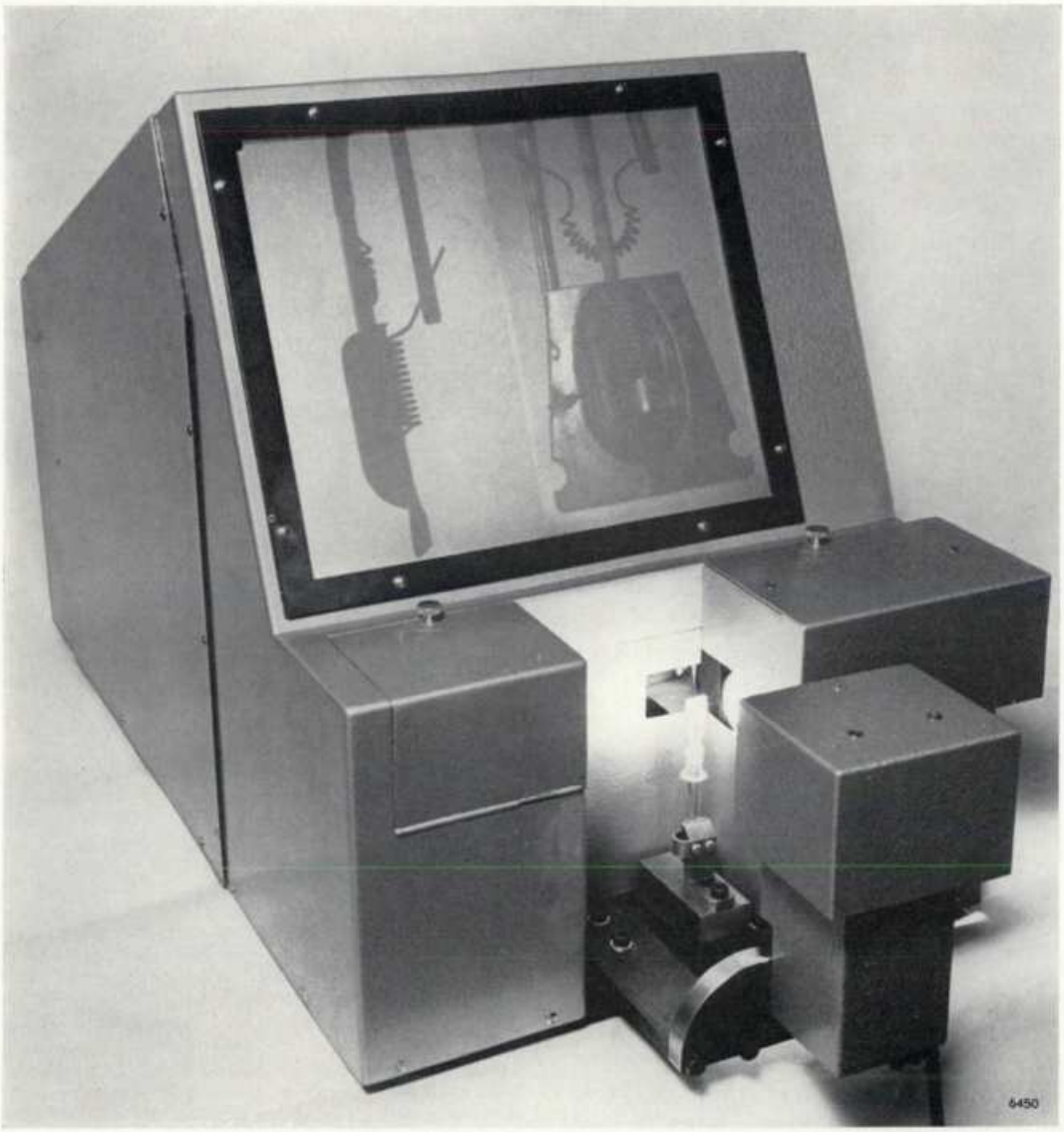
Bij het CO_2-lassen wordt blank staaldraad, dat o.a. ongeveer 0,9% Si en 1,6 %Mn als desoxyderende bestanddelen bevat, vanaf een haspel aan de lasboog toegevoerd door een elektromotor, terwijl uit een ringvormige opening rondom het einde van het draad koolzuurgas stroomt dat de lasboog geheel omgeeft. Hoewel in de hete boog door dissociatie van het CO_2 een zeer hoge partiële zuurstofdruk moet worden verwacht, zijn verrassenderwijze de genoemde of zelfs nog geringere hoeveelheden Si enz. voldoende om oxydatie van het afsmeltende ijzer vrijwel geheel te voorkomen. Dit wordt verklaard door de grote afmetingen der gevormde druppels, die men door filmopnamen heeft kunnen vaststellen, en die waarschijnlijk verband houden met de sterke contractie van het boogplasma (veel sterker dan b.v. in argon, waarin dan ook slechts kleine druppels worden gevormd).

Evenals het lassen onder poederdek leent zich het CO_2-lassen zeer goed voor automatisering. Een vergelijking van de verschillende lasmethodes leidt tot het globaal afperken van hun aangewezen toepassingsgebieden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

CONTROLE VAN HET GLOEIDRADENSTELSEL BIJ DE FABRICAGE VAN AUTOKOPLAMPEN



Bij de fabricage van „Duplo" lampen voor autokoplantaarns moet worden gecontroleerd of de gloeidraad voor de dimbundel de juiste stand heeft ten opzichte van die voor de hoofdbundel. Met het blote oog is dit moeilijk uit te maken, vooral doordat de gloeidraad voor de dimbundel ten dele door een afschermkap is omgeven. De controle gebeurt met behulp van een speciaal geconstrueerde projector, die een vooraanzicht van het gloeidradenstelsel en een silhouet ervan in zijaanzicht, beide tienmaal vergroot, naast elkaar op een matglas ontwerpt. Voor de afbeelding in vooraanzicht wordt tegelijkertijd van episcopische en van diascopische projectie gebruik gemaakt, en wel met kwiklicht voor de episcopische (òpvallende) en gloeilampenlicht voor de diascopische (dóórvallende) verlichting. Dank zij deze projectiemethode zijn van het gloeidradenstelsel niet alleen de omtrekken, maar ook alle details van het oppervlak, b.v. de hoedanigheid van de lasplaatsen, duidelijk en met sterk contrast op het matglas te zien. De helderheid van de beelden laat toe dat de controle bij daglicht wordt uitgevoerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN TRANSISTOR-AUTORADIO MET DRUKTOETSAFSTEMMING

door D. PASMA *) en G. SPAKMAN *).

621.396.62:621.382.3:629.113

Bij de bouw van autoradio's komt het aan op kleine afmetingen en gemakkelijke bedienbaarheid. Met betrekking tot het eerste punt heeft de transistor de mogelijkheid geboden tot een grote stap voorwaarts. In dit artikel wordt een der laatst-ontwikkelde toestellen beschreven (N5X04T), dat geheel met transistors is uitgerust. De afstemming op de voornaamste zenders kan met behulp van druktoetsen geschieden; het hiertoe dienende mechanisme en de maatregelen ter verkrijging van een voldoende nauwkeurigheid worden enigszins uitvoerig besproken.

Verschillen tussen autoradio's en andere ontvangers

Aan een autoradio worden eisen gesteld die bij andere ontvangers (mobiele of voor de huiskamer bestemde) òf in het geheel niet gelden, òf veel minder streng zijn. Wij zullen beginnen met deze eisen in het kort de revue te laten passeren.

In de eerste plaats vraagt de mechanische constructie de aandacht. Terwijl de afmetingen van een autoradio zo klein dienen te zijn dat montage in of onder het instrumentenbord van een normale auto mogelijk is, moet de constructie zo robuust zijn dat het toestel de schokken en trillingen kan weerstaan waaraan het in een auto voortdurend wordt blootgesteld. Om het toestel af te schermen tegen elektrische storingen, veroorzaakt door de motor, moet het in een goed gesloten metalen huis worden ondergebracht. Dit maakt op zijn beurt speciale maatregelen nodig om een voldoende warmteafvoer te verzekeren. Bovendien moet de constructie de mogelijkheid blijven bieden, eventuele reparaties snel en gemakkelijk uit te voeren. Met het oog op het laatstgenoemde punt is het ook gewenst dat het monteren van het toestel in de auto op zo eenvoudig mogelijke wijze kan geschieden.

Ook op elektrisch gebied worden aan een autoradio bijzondere eisen gesteld. De voeding moet kunnen geschieden uit de auto-accu, waarvan de spanning 6, 12 of soms 24 V kan zijn en waarvan bovendien in bepaalde gevallen de positieve en in andere de negatieve pool met de massa is verbon-

*) Philips' Hoofdindustriegroep Radio-, Grammofoon- en Televisie-Apparaten, Eindhoven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

den. Het is gewenst dat het toestel op eenvoudige wijze bij ieder van deze situaties kan worden aangepast. Om de extra belasting die een radiotoestel voor de accu vormt, zoveel mogelijk te beperken, dient het stroomverbruik zo klein mogelijk te zijn.

De eisen die op radiotechnisch gebied aan een autoradio worden gesteld, verschillen niet veel van die van een goede huiskamerradio. Van beide toestellen wordt een grote gevoeligheid geëist. In de vrij kleine antennes die bij auto's worden gebruikt, is in vele gevallen de signaalsterkte niet groter dan 10 μV, en het is gewenst dat ook bij deze geringe antennespanning reeds een redelijke ontvangst mogelijk is. Dit laatste betekent dat bij een gemiddelde modulatiediepte (30%) een vermogen van ten minste ongeveer 0,5 W aan de uitgang moet kunnen worden verkregen. Dit vrij grote vermogen is in een auto nodig in verband met het hierin meestal aanwezige lawaaiiniveau. Mede in dit verband is ook het gewenste maximale uitgangsvermogen vrij groot; doorgaans wenst men tegenwoordig dat bij een voldoend kleine vervorming 5 à 6 W aan de luidspreker kan worden toegevoerd.

Omdat tijdens het rijden grote variaties in de signaalsterkte optreden, moet een zeer effectief werkende automatische sterkteregeling aanwezig zijn. Ook in dit opzicht zijn de te stellen eisen niet lager dan bij een zeer goed huiskamertoestel.

Enkele van de genoemde eisen gelden ook voor andere transportabele ontvangers. Zo zijn b.v. kleine afmetingen altijd van belang. Doordat men echter in de meeste gevallen met een kleiner uitgangsvermogen genoegen neemt, is ook het uit de voedingsbron opgenomen vermogen en hierdoor de warmteontwikkeling veel kleiner. De bij het verkleinen van de afmetingen uit de warmteontwikkeling voortkomende problemen zijn dientengevolge minder moeilijk op te lossen.

Een toestel waaraan eisen worden gesteld, die in sommige opzichten met die van een autoradio overeenkomen, is het ontvangergedeelte van een mobilofoon. Een dergelijk apparaat heeft echter niet, zoals een autoradio, een continu variabele afstemfrequentie, doch het werkt op een aantal vaste frequentiekanalen. Hierdoor worden enkele radiotechnische problemen bij de constructie aanzienlijk vereenvoudigd. Hiertegenover staat dat aan een mobilofoon in mechanisch opzicht nog zwaardere eisen worden gesteld dan aan een autoradio, zulks in verband met het professionele karakter van de apparatuur.

Ontwikkelingsgang van de autoradio

Reeds in de dertiger jaren is men begonnen met de bouw van autoradio's. Deze toestellen waren ingericht voor ontvangst in de langegolf- en middengolfbanden. De allereerste ontvangers werkten zonder frequentietransformatie („rechtuit-ontvangers", „straight sets"); zeer spoedig is men echter overgegaan op het superheterodyne-type.

Door de grote afmetingen van de toen beschikbare buizen en andere onderdelen had een apparaat uit de eerste serie met ingebouwde luidspreker een volume van 8,5 liter. Men was bij zulke grote afmetingen verplicht het toestel buiten bereik van de bestuurder te monteren; meestal bevestigde men het tegen de scheidingswand tussen motorruimte en cabine. De bediening moest dan plaatsvinden vanaf een bedieningskastje door middel van soepele assen (bowdenkabels) [1]. Doordat buizen en andere onderdelen van kleinere afmetingen werden ontwikkeld, konden de apparaten uit volgende series steeds kleiner worden gemaakt. Een andere maatregel die hiertoe bijdroeg, was het niet-inbouwen van de luidspreker. Toch bleven de afmetingen van de toestellen nog lang zo groot dat de montage op enige afstand van de bestuurder en dus ook de bediening met soepele assen nodig was. Daar aan deze assen belangrijke bezwaren zijn verbonden (zwaar lopen en mede hierdoor altijd vrij veel dode gang) bleef men er naar streven de afmetingen zodanig te verkleinen dat montage van het toestel in het instrumentenpaneel (dashboard) mogelijk zou zijn. In 1945 gelukte het met de in dat jaar beschikbaar gekomen buizen in A-techniek [2]) een toestel te ontwikkelen dat aan de genoemde wens voldeed.

Dit apparaat (type NX570V) bestond uit twee gedeelten. Het ene gedeelte, dat in het instrumentenbord kon worden gemonteerd, bevatte de eigenlijke ontvanger; het voedingsgedeelte en de luidspreker waren ondergebracht in een afzonderlijk kastje, dat op een geschikte plaats tegen de scheidingswand kon worden gemonteerd. De beide delen werden door een meeraderige afgeschermde kabel verbonden.

De inhoud van de beide gedeelten van dit toestel waren respectievelijk 1,6 l en 4,7 l, dus totaal 6,3 l. Een grote vooruitgang was in dit opzicht dus nog niet bereikt. Een grote stap vooruit was echter het feit dat de bedieningsorganen nu direct op het toestel konden worden aangebracht, zodat geen soepele assen meer nodig waren.

Een maatregel die veel heeft bijgedragen tot een verdere verkleining van het volume, is de overgang van de meervoudige variabele condensator als afstemelement naar spoelen met verschuifbare ferrietkern („permeability tuning"). De af-

[1]) Zie J. W. Alexander, Autoradio, Philips techn. T. **3**, 113-119, 1938.

[2]) Zie G. Alma en F. Prakke, Een nieuwe serie kleine radiobuizen, Philips techn. T. **8**, 289-295, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

metingen van de afstembare kringen zijn in dit laatste geval veel kleiner. Bovendien bracht het vervallen van de variabele condensator met zijn grote vrijdragende platen nog een ander belangrijk voordeel mee: spoelen met verschuifbare kern zijn in veel mindere mate dan een dergelijke condensator gevoelig voor mechanische trillingen (microfonie). Een ander voordeel van deze spoelen is dat zij zich, bij een goede mechanische constructie, veel beter lenen voor afstemming door middel van druktoetsen. Wij komen hierop nog terug. Vermeldenswaard is ten slotte het voordeel dat met een capacitieve antenne en een trillingskring met een constante capaciteit en een variabele zelfinductie de zg. opslingering vrijwel onafhankelijk van de afstemfrequentie is. De gevoeligheid van de ontvanger varieert daardoor minder met de afstemfrequentie.

Een belangrijk deel van het totale volume werd in de vroegere toestellen ingenomen door het voedingsgedeelte. Om de voor de buizen benodigde anodespanning te verkrijgen uit de accuspanning, werd gebruik gemaakt van een triller. Deze zette de accuspanning om in een wisselspanning, waaruit, na transformatie en gelijkrichting, de gewenste hoge gelijkspanning (ongeveer 220 V) ontstond [3]). Voor de gelijkrichting werd gebruik gemaakt van een apart contact op de triller, of van een gelijkrichtbuis. Mede door het feit dat behalve de genoemde onderdelen ook nog een transformator, condensatoren en een smoorspoel nodig waren, nam dit geheel altijd vrij veel plaats in. Het spreekt vanzelf dat de gedachten uitgingen naar een ontvanger waarin de accuspanning direct voor de voeding van de buizen kon worden gebruikt. Buizen die bij een anodespanning van ongeveer 6 V kunnen functioneren, konden wel worden gemaakt, met uitzondering echter van de eindbuis; men kon geen buis maken die bij de genoemde lage spanning een vermogen van 2 à 5 W kon leveren. Om deze reden werd de constructie van een dergelijke ontvanger pas mogelijk na de komst van de transistor, die slechts een lage voedingsspanning nodig heeft. Een der eerste types die een voldoend groot vermogen konden leveren (de OC 16), werd gebruikt voor de eindtrap van een autoradio, die voor de overige trappen was uitgerust met buizen voor lage spanning. De eindtrap bevatte één transistor OC 16, of wel twee van deze transistoren in een balansschakeling. In deze apparaten, die werden aangeduid als „hybride-ontvangers" of ook wel als VT („valve-transistor")-toestellen, en die sinds 1957 op de markt verschenen, was dus geen triller meer nodig. Daar hierdoor tevens de transformator en de afvlakonderdelen (smoorspoel en condensatoren) vervielen, kon het volume in belangrijke mate worden verkleind. Men bouwde nu het hoogfrequent- en middenfrequentgedeelte samen in een kastje van 1,3 l, dat in het instrumentenbord kon worden gemonteerd, terwijl het laagfrequentgedeelte, inclusief luidspreker, in een apart kastje van slechts 0,9 l kon worden ondergebracht. De totale inhoud was dus slechts 2,2 l. Deze aanzienlijke verkleining van de afmetingen kon tot stand worden gebracht ondanks het feit dat het toestel een uitgangsvermogen van 6 W kon leveren, terwijl dit bij vroegere apparaten slechts 2 W bedroeg.

Door het vervallen van de triller met transformator, gelijkrichter en afvlakmiddelen was weliswaar een belangrijke ruimtebesparing bereikt, doch er dient op te worden gewezen dat deze gedeeltelijk weer te niet werd gedaan doordat de voedingsleidingen moesten worden voorzien van extra ontstoringsfilters. Door de directe aansluiting van de buizen op de accu was nl. de mogelijkheid voor het binnendringen van door het ontstekingssysteem veroorzaakte storingen groter geworden.

Een probleem dat bij de ontwikkeling van VT-apparaten zeer moeilijk oplosbaar bleek te zijn, was het verkrijgen van een goede automatische sterkteregeling. De hoofdoorzaak hiervan was gelegen in het feit dat bij de lage anodespanning van 6 V de anodestroom van de buizen reeds bij een zeer kleine negatieve roosterspanning nul wordt. Hierdoor ontstond een sterke vervorming wanneer de toestellen in de nabijheid van sterke zenders werden gebruikt; in sommige gevallen „sloegen de apparaten zelfs dicht" (d.w.z. het geluid wordt zwak en is sterk vervormd). Hoewel het door zorgvuldige uitvoering mogelijk was ontvangers te maken die deze bezwaren niet vertoonden, was het ten gevolge van de normale spreiding van buizen en andere onderdelen niet mogelijk dit voor alle toestellen uit de normale produktie te garanderen.

Bij een anodespanning van 12 V treedt de beschreven moeilijkheid in veel minder ernstige mate op. In landen waar de automobielen vrijwel uitsluitend van 12-V-accu's zijn voorzien, worden dan ook nog steeds VT-apparaten vervaardigd.

De mechanische en elektrische constructie van de eerste VT-apparaten was gelijk aan die van de oudere toestellen; zo werden de verbindingen tussen de onderdelen op de conventionele wijze door middel van koperdraad tot stand gebracht. Bij de zeer gedrongen bouw was het gevaar voor ongewenste

[3]) Zie J. Kuperus, Over de constructie van vibratoren voor radioapparaten, Philips techn. T. **6**, 346-350, 1941, en ook het onder [1]) aangehaalde artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

kortsluitingen groot, en inderdaad traden deze na inbouw in de auto herhaaldelijk op. Nadat in de radiotechniek de „gedrukte bedrading" zijn intrede had gedaan, ging men er toe over deze ook in autoradio's toe te passen, waardoor men niet alleen een verdere verkleining van de afmetingen verkreeg, maar ook de kans op defecten belangrijk verminderde.

Toen de ontwikkeling van de transistor zo ver was voortgeschreden dat men hiervan ook voor hoogfrequent- en middenfrequentversterking gebruik kon maken, begon men draagbare toestellen te vervaardigen die *geheel* met transistors waren uitgerust. Dit is thans ook bij de autoradio geschied. Men bereikt hiermede nog kleinere afmetingen en een nog geringer stroomverbruik. Het is gelukt om nu het gehele toestel (zonder luidspreker) onder te brengen in een kastje van 1,7 liter, waarvan de afmetingen de montage in het instrumentenbord toelaten. Van een dergelijke ontvanger (typeno. N5X04T) willen wij in dit artikel een beschrijving geven.

De schakeling

Het toestel is ingericht voor ontvangst in de langegolf- en middengolfbanden. Het is uitgerust met 10 transistors en 3 diodes. De verschillende functies hiervan zijn in de figuren 1 en 2 geïllustreerd. In deze figuren is onder weglating van niet-essentiële gedeelten het principeschema weergegeven. Wij zullen een aantal bijzonderheden hiervan bespreken.

Fig. 1 geeft het hoogfrequent-, middenfrequent- en detectorgedeelte weer. *I* is de hoogfrequenttrap, met een transistor (Tr_1) van het type OC 170. K_1 en K_2 zijn de beide hoogfrequentkringen; deze zijn afstembaar door middel van verschuifbare ferroxcubekernen in de spoelen. De manier waarop de h.f.-kringen en de oscillatorkring bij overgang van de langegolfband naar de middengolfband worden omgeschakeld, is in dit schema niet aangegeven. De antenne is aangesloten op een capacitieve aftakking van de kring K_1. In de antenneleiding is een smoorspoeltje, L_1, opgenomen om het binnendringen van door het ontstekingssysteem van de motor veroorzaakte storingen te verminderen. Om het apparaat te kunnen aansluiten op antennes met verschillende afmetingen, is in de afgeschermde antennekabel een instelbare condensator, C_1, opgenomen (zie ook fig. 5*b*).

De h.f.-trap *I* wordt gevolgd door de zelf-oscillerende mengtrap *II*, met een transistor (Tr_2) van

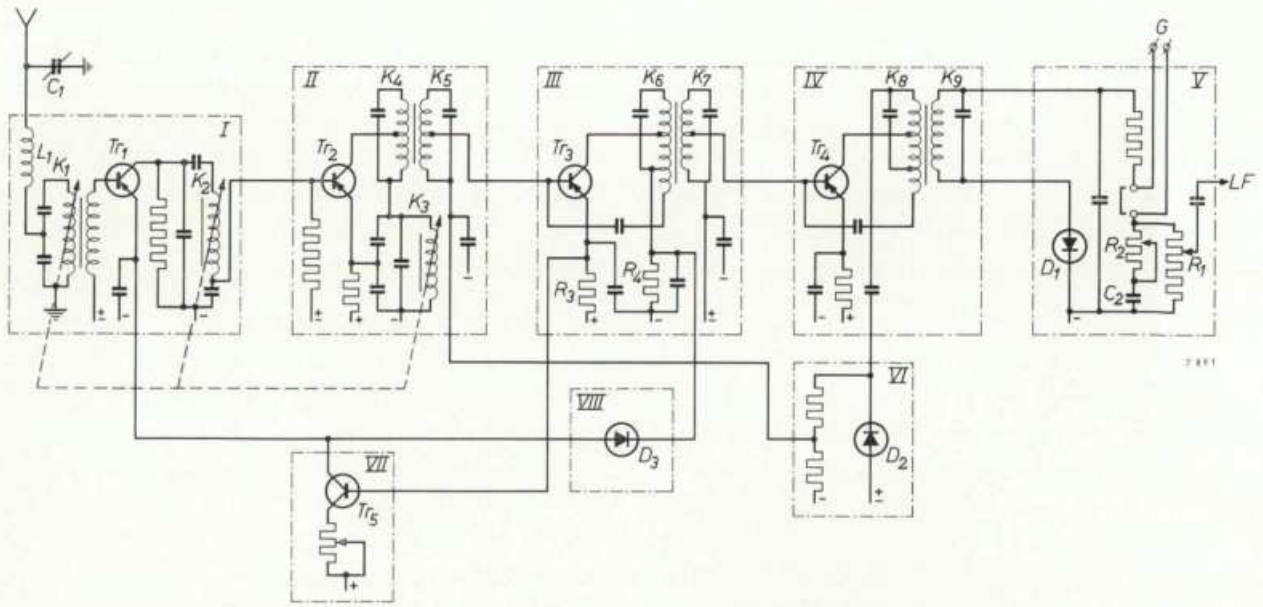


Fig. 1. Vereenvoudigd schema van het hoogfrequent-, middenfrequent- en detectorgedeelte van de autoradio N5X04T. Weggelaten zijn o.a. de schakelelementen die nodig zijn voor het overgaan van de middengolfband naar de langegolfband. Met +, − en ± is bedoeld dat de desbetreffende punten zijn aangesloten op de positieve of negatieve voedingsleiding ofwel op een spanningsdeler tussen deze leidingen. De verschillende delen van het schema die min of meer als een afzonderlijke eenheid kunnen worden beschouwd, zijn door rechthoeken omlijnd. *I* hoogfrequenttrap. *II* mengtrap. *III* en *IV* middenfrequenttrappen. *V* detectortrap. *VI*, *VII* en *VIII* gedeelten van de schakeling die betrokken zijn bij de automatische sterkteregeling. C_1 is een instelbare condensator die is opgenomen in de antennekabel (zie ook fig. 5*b*). De maximale capaciteitsvariatie hiervan bedraagt 60 pF; hierdoor is het toestel geschikt om te worden aangesloten aan antennes waarvan de capaciteit (met inbegrip van de afgeschermde antennekabel) ligt tussen 45 en 105 pF. Aan de met *G* aangegeven klemmen kan een automignon-platenspeler worden aangesloten. Wenst men van deze mogelijkheid gebruik te maken, dan moet in het toestel de verbinding tussen twee met de genoemde klemmen corresponderende punten worden opgeheven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het type OC 44. K_3 is de oscillatorkring, die evenals de kringen K_1 en K_2 wordt afgestemd door middel van een in de spoel verschuifbare ferroxcubekern. De beide trillingskringen K_4 en K_5 zijn met elkaar gekoppeld en vormen het eerste middenfrequent-bandfilter.

Op de mengtrap volgen twee middenfrequent-trappen, *III* en *IV*, met de transistors Tr_3 en Tr_4 van het type OC 45. Het tweede en derde m.f. bandfilter worden respectievelijk gevormd door de kringen K_6,K_7 en K_8,K_9. De spoelen van de beide primaire kringen K_6 en K_8 zijn voorzien van een aantal extrawindingen (aan de onderzijde van de spoelen getekend), die via condensatoren met de ingangszijde van de betreffende transistors zijn verbonden. Hierdoor is de in de transistors optredende terugwerking grotendeels opgeheven (neutrodynisering).

De detectortrap *V* is een normale diodedetector. De germaniumdiode D_1 is van het type OA 79. De regelweerstand R_1 is de sterkteregelaar, terwijl de regelweerstand R_2 en de condensator C_2 de toonregelaar vormen.

De met *VI*, *VII* en *VIII* aangegeven delen van de schakeling dienen voor de automatische sterkteregeling.

Deze sterkteregeling werkt als volgt. De signaalspanning op de primaire kring van de laatste middenfrequenttransformator, K_8, wordt met behulp van de diode D_2 (type OA 79) gelijkgericht en de verkregen gelijkspanning wordt via een filter gelegd aan de basis van de eerste middenfrequenttransistor Tr_3. Bij een toeneming van de signaalsterkte nemen hierdoor de emitter-collectorstroom en de versterking van Tr_3 af. Met behulp van de op de emitterweerstand R_3 van Tr_3 optredende spanningsverandering wordt nu, onder tussenschakeling van de regeltransistor Tr_5, de versterking van de hoogfrequent-transistor Tr_1 geregeld. Om de ontvangst van zeer sterke signalen (b.v. 1 V of groter) mogelijk te maken zonder overbelasting van de middenfrequentversterker, is de diode D_3 (eveneens type OA 79) aangebracht tussen de emitter van Tr_1 en de bovenzijde van de weerstand R_4 in de collectorleiding van Tr_3. Bij kleine signalen heeft de emitter van Tr_1 een negatieve spanning ten opzichte van de bovenzijde van R_4. Hierdoor is D_3 niet geleidend. Bij grote signalen wordt echter deze diode geleidend, voornamelijk door het dalen van de spanning op R_4. Tussen de basis en de emitter van Tr_1 ontstaat nu een positieve spanning van ongeveer 1 V, waardoor deze transistor volkomen stroomloos wordt en het zeer sterke antennesignaal alleen via inwendige capaciteiten, verzwakt, de mengtransistor Tr_2 bereikt.

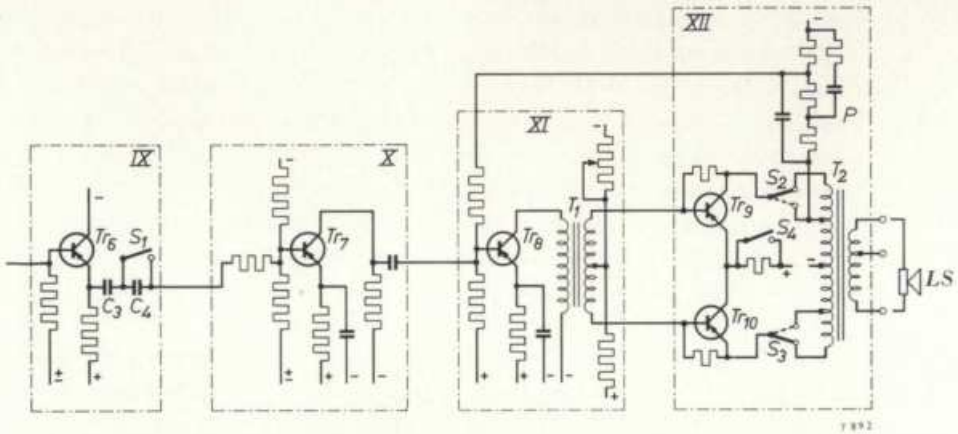


Fig. 2. Vereenvoudigd schema van het laagfrequentgedeelte. *IX* laagfrequenttrap (emittervolger). *X* en *XI* laagfrequent versterktrappen. *XII* eindtrap. *LS* luidspreker. *P* netwerk voor de tegenkoppeling. S_1 spraak-muziekschakelaar. Om bij gebruik van het apparaat op een 6-V- zowel als op een 12-V-accu de gunstigste aanpassing tussen de transistors Tr_9, Tr_{10} en de luidspreker te verkrijgen, wordt bij het gebruik op een 6-V-accu slechts een gedeelte van de primaire wikkelingen van de transformator T_2 gebruikt. Hiervoor dienen de schakelaars S_2, S_3 (getekend in de stand voor 12 V). Wordt het toestel aangesloten op een 12-V-accu, dan is in de gemeenschappelijke emitterleiding van Tr_9 en Tr_{10} een weerstand geschakeld; bij een accuspanning van 6 V is deze echter kortgesloten (schakelaar S_4).

In *fig. 2* is, eveneens in vereenvoudigde vorm, het schema van het laagfrequentgedeelte weergegeven. De eerste laagfrequenttrap, *IX*, bestaat uit de transistor Tr_6 van het type OC 75, in de zg. schakeling met gemeenschappelijke collector (ook genoemd emittervolger). In deze trap wordt geen spanningsversterking verkregen; hij is aangebracht voor het geval dat men aan de klemmen *G* (zie fig. 1) een kristalgroeftaster (van een automignon-platenspeler) wil aansluiten. Zulk een groeftaster heeft nl. een grote inwendige weerstand, maakt dus ook een grote belastingsweerstand nodig en er moest derhalve voor de eerste laagfrequenttrap een schakeling met een grote ingangsweerstand worden gebruikt. Een der mogelijkheden hiervoor is het gebruik van een transistor in een schakeling met gemeenschappelijke collector, waarvan de ingangsweerstand veel groter is dan

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van transistors in andere schakelingen. Een gevolg van deze grote ingangsweerstand is dat ook de ingangsweerstand van de detectortrap V groot is. Hierdoor kon de detector parallel met de laatste middenfrequentkring K_9 worden geschakeld en behoefde voor deze aansluiting geen aftakking op de spoel van K_9 te worden aangebracht.

De trappen X en XI zijn laagfrequentversterktrappen. De koppeling tussen IX en X vindt plaats door middel van de beide in serie geschakelde condensatoren C_3 en C_4. De condensator met de kleinste capaciteit, C_4, kan door middel van de schakelaar S_1 worden kortgesloten. Is S_1 geopend, dan worden de lage tonen minder sterk weergegeven, wat bij de ontvangst van spraak gewenst is (spraak-muziekschakelaar). De transistors Tr_7 en Tr_8 zijn respectievelijk van het type OC 71 en OC 79. De laatstgenoemde transistor is via de transformator T_1 gekoppeld met de balansuitgangstrap XII. Hierin zijn twee transistors OC 26 toegepast (Tr_9 en Tr_{10}). Via de uitgangstransformator T_2 is de luidspreker LS aangesloten. Men kan naar verkiezing één luidspreker of wel twee luidsprekers parallel gebruiken. Om in dit laatste geval een goede aanpassing te verkrijgen, is een aftakking op de secundaire wikkeling van T_2 aangebracht. De trappen XI en XII zijn voorzien van tegenkoppeling; het tegenkoppelnetwerk is in de figuur schematisch met P aangegeven. De eindtrap kan een uitgangsvermogen van 6 W leveren; hierbij bedraagt de vervorming 10%.

In *fig. 3* is, wederom in vereenvoudigde vorm, het voedingsgedeelte van de schakeling aangegeven. Tussen de klemmen a en b wordt de accu aangesloten. De spoelen L_2 en L_3 vormen, te zamen met de condensatoren C_5 en C_6, filters om het binnendringen van storingen te voorkomen. De aan-uit-schakelaar S_5 is op de gebruikelijke wijze gecombineerd met de sterkteregelaar R_1 (zie fig. 1).

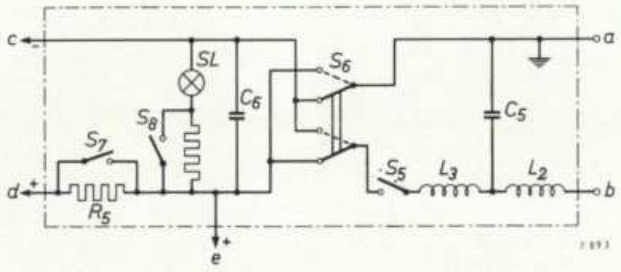


Fig. 3. Vereenvoudigd schema van het voedingsgedeelte. S_5 aan-uit-schakelaar. De met S_7 en S_8 aangeduide schakelaars dienen om de ontvanger aan te passen aan de in de auto gebruikte accuspanning (6 V of 12 V). De voedingsspanning van eindtrap XII wordt verkregen uit het met e aangeduide punt. Hierbij wordt dus steeds van de volle beschikbare spanning (6 of 12 V) gebruik gemaakt. Alle andere trappen worden echter gevoed vanaf het punt d. Door het al of niet sluiten van de schakelaar S_7 (kortsluiten van R_5) wordt bereikt dat de voedingsspanning bij de beide genoemde accuspanningen 6 V bedraagt. Het schaalverlichtingslampje SL is bij gebruik van een 6-V-accu direct op de voedingsspanning aangesloten (S_8 gesloten). Bedraagt de accuspanning 12 V, dan wordt door het openen van S_8 een weerstand in serie met het lampje geschakeld. De dubbele schakelaar S_6 dient om het toestel te kunnen gebruiken onverschillig of de positieve dan wel de negatieve accuklem van de auto met de massa is verbonden: door de schakelaar in de ene of de andere stand te zetten, wordt bereikt dat de aansluitingen c, d en e altijd de aangegeven polariteit hebben.

Om het toestel al naar de behoefte voor een 6-V- of voor een 12-V-accu geschikt te maken, moeten een aantal verbindingen worden veranderd. Hiertoe dienen de in fig. 2 en 3 getekende schakelaars S_2, S_3, S_4, S_7 en S_8 (nadere toelichting vindt men in de onderschriften der figuren). De dubbele schakelaar S_6 in fig. 3 dient om het toestel te kunnen gebruiken zowel in auto's waarin de positieve accuklem met de massa is verbonden als in auto's met de negatieve accuklem aan de massa.

In de werkelijke uitvoering gaat het omschakelen van de ene voedingsspanning op de andere bijzonder eenvoudig. De leidingen naar de getekende schakelaars S_2, S_3, S_4, S_7 en S_8 zijn naar een aantal contactpunten gevoerd, die alle op een klein paneeltje zijn geplaatst. Een veelpolige contactstop brengt de nodige verbindingen tot stand. De plaatsing der contacten is nu zo gekozen dat door *omkeren* van deze contactstop de verbindingen zodanig worden, dat „overgeschakeld" wordt van de 6-V- op de 12-V-voeding of omgekeerd. Voor de polariteitsschakelaar S_6 is een afzonderlijke contactstop aanwezig. In fig. 5*b* en 6 zijn de beide genoemde contactstoppen zichtbaar.

De constructie

De problemen die zich bij de constructie van een autoradio voordoen, vloeien niet alleen voort uit het streven naar minimale afmetingen, dat wij in het begin reeds noemden. Ook bij draagbare ontvangers zijn kleine afmetingen van belang, maar hierbij is de constructie in zoverre gemakkelijker dat voor de bedieningsorganen en de afstemschaal desgewenst verschillende zijden van het apparaat kunnen worden gebruikt. Doordat een autoradio in het instrumentenbord moet kunnen worden gemonteerd, dienen de bedieningsorganen en de schaal alle aan één zijde te worden geplaatst, en doordat het op het instrumentenbord beschikbare oppervlak vrij klein is, is men hierbij zelfs op een der kleinste zijkanten aangewezen. De moeilijkheden worden nog vergroot door het feit dat men een autoradio desgewenst met vrij dikke handschoenen aan moet kunnen bedienen: de bedieningsorganen mogen dus niet te klein zijn. De afmetingen van het toestel N5X04T zijn $180 \times 174 \times 54$ mm. Er was dus een vlak van 54×180 mm ter beschikking voor de afstemschaal

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en de bedieningsorganen. Ook de middelen waarmee het toestel in het instrumentenbord wordt bevestigd en waarop wij nog terugkomen, moesten hierop hun plaats vinden.

De ontvanger kan worden afgestemd door middel van een vijftal *druktoetsen*, waarmee drie stations in de middengolfband en twee in de langegolfband kunnen worden gekozen. Afstemming op andere zenders kan op normale wijze door middel van een draaibare knop geschieden. De mogelijkheid om door het indrukken van een toets op een zender af te stemmen, is bij een autoradio van veel belang, daar op deze wijze de aandacht veel minder van de besturing van de auto wordt afgeleid dan bij afstemming op het gehoor door middel van een draaibare knop. Kent men de volgorde van de vijf zenders waarop de druktoetsen zijn ingesteld, dan kan men het toestel geheel op het gevoel afstemmen.

Het aanbrengen van druktoetsen had belangrijke consequenties voor de constructie van het toestel. Wij wezen er in het voorgaande reeds op dat het gebruik van spoelen met verschuifbare ferrietkern hierbij te prefereren is boven variabele condensatoren. Door de rechtlijnige beweging die de kernen bij het afstemproces uitvoeren, en de kleine massa van de bewegende delen is in dit geval een eenvoudig en nauwkeurig werkend afstemsysteem gemakkelijker te ontwerpen dan bij toepassing van variabele condensatoren.

Wanneer geen afstemtoetsen worden toegepast, is het afstembare hoogfrequentgedeelte niet aan een bepaalde plaats in het apparaat gebonden. Het is nl. vrijwel altijd mogelijk de koppeling tussen de afstemknop, de variabele spoelen en de wijzer op de schaal door middel van snaren of andere koppelelementen op bevredigende wijze tot stand te brengen, vooral doordat geen vast verband tussen de ingestelde frequentie en de stand van de afstemknop nodig is: men stemt toch op het gehoor af. Wil men met druktoetsen afstemmen, dan komt in verband met de grote nauwkeurigheid waarmee het afstemorgaan door middel van iedere toets moet kunnen worden ingesteld, een dergelijk mechanisme niet in aanmerking. De beweging van de toetsen moet dan zo direct mogelijk op de verschuifbare ferrietkernen worden overgebracht. Men dient dus de spoelen zo ver mogelijk naar voren en ongeveer in het midden van het apparaat op te stellen, zodat de druktoetsen met de spoelen constructief één geheel vormen. Om de gewenste compacte opbouw te krijgen, moet de rest van de schakeling dan hieromheen worden opgesteld, en wel zodanig dat zo weinig mogelijk ruimte verloren gaat. In *fig. 4* is geschetst hoe dit in het hier besproken toestel is gedaan. In deze figuur is F de frontplaat van het toestel (gezien van de achterzijde). Aan de voorzijde hiervan bevindt zich de schaal U; vlak hierachter zijn de met L aangeduide spoelen van het hoogfrequent- en oscillatordeel opgesteld. Met A_1 t/m A_5 zijn een vijftal plaatjes aangegeven, die bestaan uit isolatiemateriaal en zijn voorzien van gedrukte bedrading [4]).

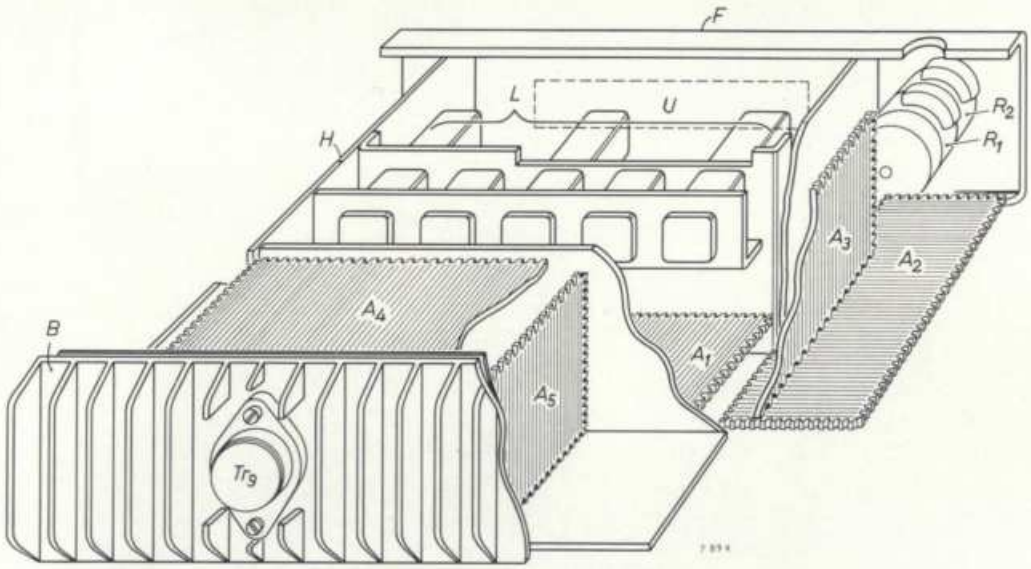
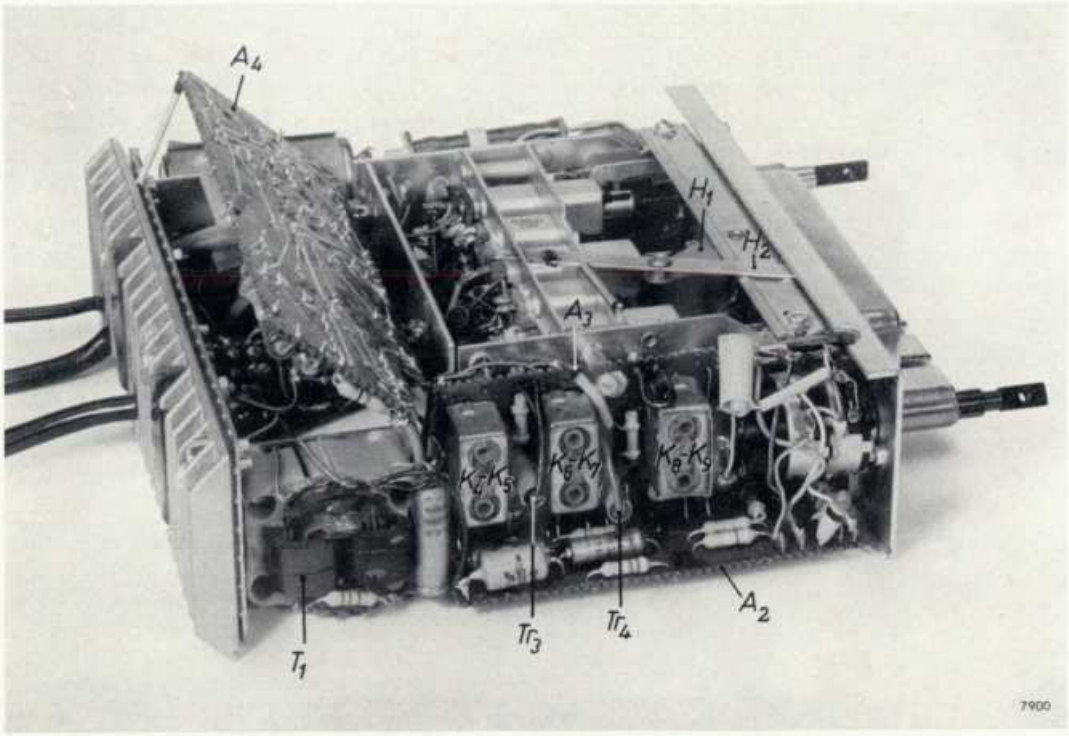


Fig. 4. Schets van de opstelling van de hoofdonderdelen van de autoradio N5X04T. F frontplaat. U schaal. A_1 t/m A_5 plaatjes met gedrukte bedrading. B koelplaat. H gestelplaat. L spoelen. Tr_9 één der beide eindtransistors. R_1 sterkteregelaar. R_2 toonregelaar.

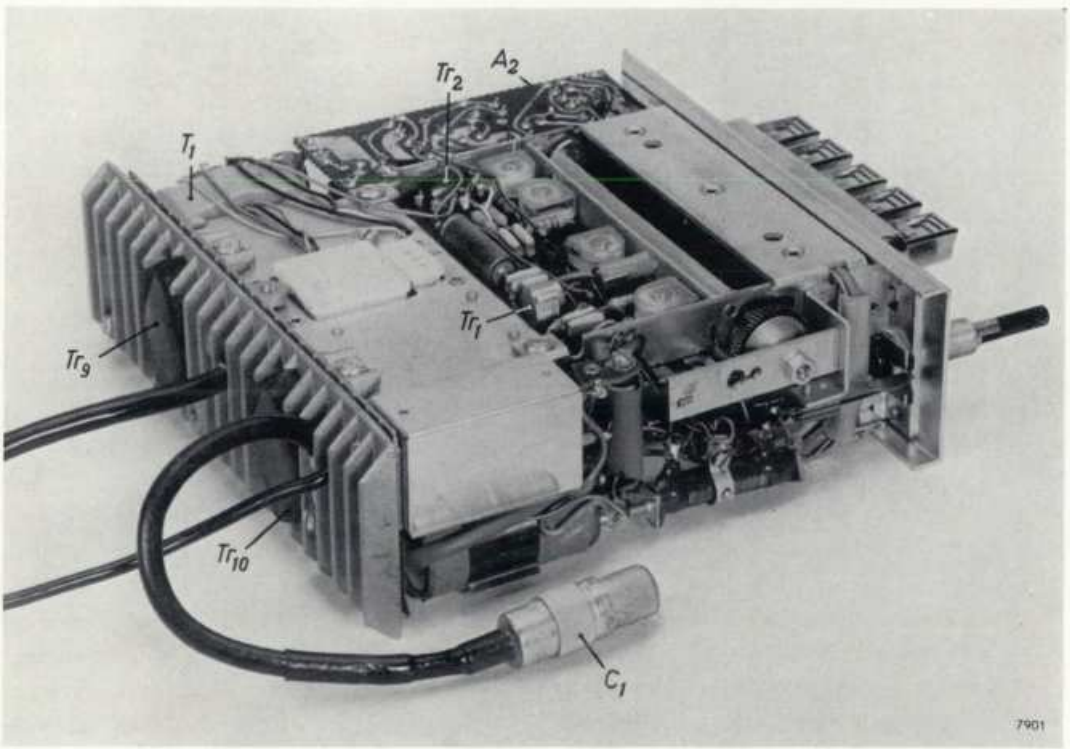
[4]) Zie R. van Beek en W. W. Boelens, Gedrukte bedrading in radiotoestellen, Philips techn. T. **20**, 71-79, 1958.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a



b

Fig. 5. De autoradio N5X04T zonder huis.
a) Bovenzijde. Het plaatje A_4 is opgeklapt, zodat de zich hieronder bevindende onderdelen bereikbaar zijn.
b) Onderzijde. Op de voorgrond ligt de instelbare antennecondensator C_1 (zie fig. 1), waarmede het toestel kan worden aangepast op antennes met verschillende capaciteit.
De letters waarmee enkele onderdelen zijn aangeduid, corresponderen met die welke in de figuren 1 t/m 4 zijn gebruikt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Op deze plaatjes zijn de meeste kleine onderdelen, zoals weerstanden en condensatoren, bevestigd. Het plaatje A_1 bevat de meeste onderdelen van het hoogfrequentgedeelte, op A_2 en A_3 is het middenfrequent- en detectordeel gemonteerd, terwijl op de plaatjes A_4 en A_5 het laagfrequentgedeelte is geplaatst, met uitzondering van enkele zware onderdelen, zoals de transformatoren T_1 en T_2 (zie fig. 2). Deze laatste zijn direct in het metalen gestel bevestigd.

Hoewel in transistorapparaten de warmteontwikkeling veel kleiner is dan in toestellen met buizen, is deze in het hier beschreven geval toch nog zo groot dat aan de koeling aandacht moest worden besteed. De meeste warmte wordt ontwikkeld in de beide eindtransistors, Tr_9 en Tr_{10}; deze zijn daarom bevestigd op een plaat, B, van aluminium, waarmede het toestel aan de achterzijde is afgesloten. Deze plaat is voorzien van koelribben en de transistors zijn aan de buitenzijde geplaatst, zodat zij zich buiten het eigenlijke apparaat bevinden. (In fig. 4 is slechts één der eindtransistors zichtbaar; zie ook fig. 5.)

Tegenover het plaatje A_3 bevinden zich de sterkteregelaar R_1 en de toonregelaar R_2 (zie ook fig. 1), die met behulp van twee concentrische assen worden bediend. Hierdoor nemen deze beide bedieningsorganen slechts weinig ruimte op de frontplaat in. Met R_1 is bovendien op de gebruikelijke wijze de aan-uitschakelaar (S_5, zie fig. 3) gekoppeld. Aan de andere zijde van de frontplaat bevinden zich (in fig. 4 niet zichtbaar) het mechanisme voor de afstemming op stations die niet met de druktoetsen kunnen worden gekozen, en de spraak-muziekschakelaar (S_1, zie fig. 2). Ook voor de afstemknop en S_1 zijn de bedieningsassen concentrisch uitgevoerd. In het gedeelte van het toestel dat zich in fig. 4 links van het met H aangegeven schot bevindt, zijn de onderdelen geplaatst die dienen voor de voeding van het apparaat (fig. 3).

De aansluitpunten voor de plaatjes met gedrukte bedrading bevinden zich grotendeels langs hun omtrek. Hierdoor kan ieder plaatje gemakkelijk worden losgemaakt en desgewenst vervangen. Het plaatje A_4 is aangesloten met soepele snoertjes. Doordat dit plaatje, dat tussen enkele lipjes is opgesloten, kan worden omgeklapt zonder de aansluitingen los te maken, kunnen ook de onderdelen die zich onder A_4 bevinden, gemakkelijk worden bereikt. In *fig. 5a* wordt dit getoond.

Behalve deze maatregel zijn er nog andere genomen om een goede toegankelijkheid van de meeste onderdelen te waarborgen. Het gestel is nl. zodanig geconstrueerd dat men na losmaken van slechts

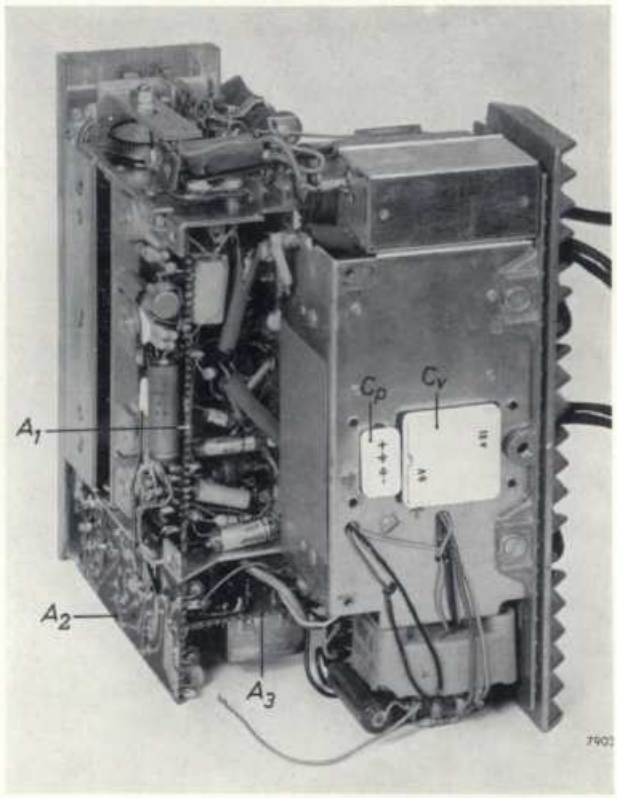


Fig. 6. Voor montage- of reparatiewerk kan het achterste gedeelte van de ontvanger ten opzichte van het voorste deel omgeklapt worden. C_v en C_p zijn de omkeerbare contactstoppen waarmede het toestel geschikt kan worden gemaakt voor accu's met verschillende spanning en verschillende polariteit. A_1, A_2, A_3 plaatjes met gedrukte bedrading.

één draad en verwijderen van twee schroeven het achterste gedeelte over een hoek van 90° kan draaien ten opzichte van het voorste deel. Het kan in die stand met twee schroeven worden vastgezet.

Fig. 6 toont een ontvanger in deze gewijzigde toestand, die niet alleen van betekenis is voor eventuele reparaties, doch die ook bij de montage wordt gebruikt.

Het afstemmechanisme

We bespreken nu nader hoe het afstemmen met de vijf druktoetsen in zijn werk gaat. Elke toets zorgt dat de ferrietkernen in de spoelen van de beide hoogfrequentkringen en van de oscillatorkring in een bepaalde stand worden geschoven. In *fig. 7* is een sterk vereenvoudigde voorstelling gegeven van het desbetreffende mechanisme. Het zg. wiegstuk N is draaibaar om de lijn AA' en is gekoppeld met het schuifstuk J_1. De heen- en weergaande beweging hiervan wordt door middel van de trekstangen T overgebracht op de ferrietkernen die zich in de spoelen L bevinden. Van de vijf druktoetsen is er slechts één getekend, D. Op de aan deze toets bevestigde drukstang E is het halfcirkelvormige seg-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ment S bevestigd. Wordt de toets ingedrukt, dan zal het wiegstuk N de met de stand van dit segment overeenkomende stand aannemen, waardoor ook het schuifstuk J_1 in de stand wordt gebracht die met de afstemming van de ontvanger op een bepaalde zender overeenkomt. Doordat de segmenten S van de vijf toetsen verschillende standen hebben, kan door het indrukken van deze toetsen op vijf verschillende zenders worden afgestemd. Wordt géén der toetsen ingedrukt, dan kan het wiegstuk worden bewogen door middel van de draaiknop K, die met de worm W_1, het wormwiel W_2 en een (niet getekende) wrijvingskoppeling is gekoppeld met de as van het wiegstuk N.

Elk segment S is in normale toestand gefixeerd op zijn drukstang E, zodat telkens bij het indrukken van een bepaalde toets het wiegstuk N dezelfde stand inneemt. De stand van S kan echter op eenvoudige wijze worden gewijzigd. Als nl. de druktoets ver wordt uitgetrokken, wordt door middel van een in fig. 7 niet getekend mechanisme het segment S vrij beweeglijk. Wordt nu door middel van K op een bepaalde zender afgestemd en vervolgens D weer ingedrukt, dan neemt S eerst de stand aan die met de stand van N overeenkomt. Bij het verder indrukken van de toets wordt S weer op E gefixeerd. Op deze wijze kan dus een éénmaal door middel van de knop K tot stand gebrachte afstemming door het drukken op één van de toetsen steeds weer worden verkregen.

Door middel van de druktoetsen wordt ook de schakelaar bediend waarmee wordt overgeschakeld van de langegolfband naar de middengolfband en omgekeerd. De beweegbare contacten van deze schakelaar zijn aangebracht op een strook van isolatiemateriaal, die is verbonden met het in fig. 7 getekende schuifstuk J_2. In dit laatste onderdeel zijn inkepingen aangebracht, waarvan er één, Z, in fig. 7 zichtbaar is. Telkens bij het indrukken van een toets drukt het afgeschuinde uiteinde van de bijbehorende drukstang E tegen de schuine zijde van één dezer inkepingen, waardoor J_2 één van de beide uiterste standen aanneemt. Hierdoor wordt de golflengteschakelaar op één van de beide golfbanden ingesteld. De inkepingen in J_2 zijn zodanig aangebracht dat met twee der toetsen de langegolfband en met de drie overige de middengolfband wordt ingeschakeld.

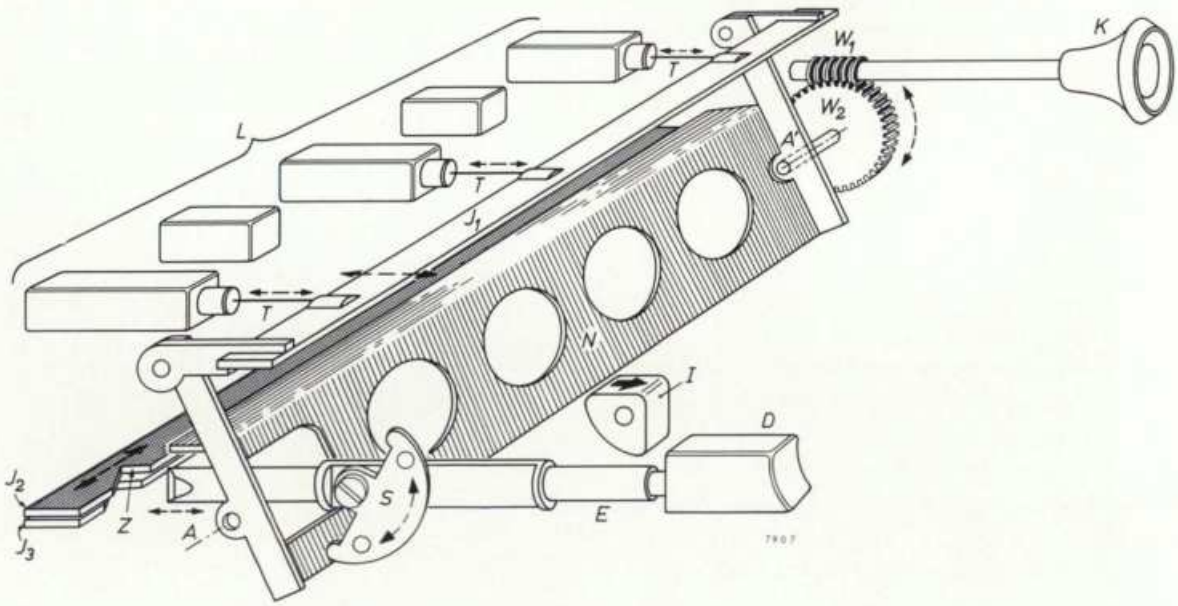


Fig. 7. Vereenvoudigde voorstelling van het afstemmechanisme. D druktoets. E drukstang. S segment. N wiegstuk, draaibaar om de lijn AA'. W_1 worm. W_2 wormwiel. K afstemknop. J_1, J_2 en J_3 schuifstukken. T trekstangen. L spoelen. I indicatieblokje.

Tegelijk met J_2 wordt nog een ander schuifstuk, J_3, bewogen, dat dient om, telkens wanneer één der toetsen wordt ingedrukt, de wrijvingskoppeling tussen het wormwiel W_2 en de as van het wiegstuk N buiten werking te stellen. (Wij komen hierop nog terug.)

Door het gebruik van een schuifschakelaar in plaats van de vroeger gebruikelijke draaischakelaar ontstond de mogelijkheid om de contacten vlak onder de spoelen aan te brengen, waardoor korte verbindingen en een zeer overzichtelijk geheel is verkregen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Onmiddellijk achter elk van de druktoetsen bevindt zich een kantelbaar blokje I, waarop een pijl is aangebracht. Wordt op een toets gedrukt, dan kantelt dit blokje zodanig dat deze pijl voor een opening in een (niet getekend) scherm zichtbaar wordt. Bij het loslaten van de toets wordt het blokje in deze stand vergrendeld. Wordt hierna op een andere toets gedrukt, dan wordt de vergrendeling weer opgeheven en springt het blokje van de eerste toets weer in de oorspronkelijke stand, terwijl bij de tweede toets een pijl „verschijnt". Op deze wijze is altijd zichtbaar op welke toets het laatst is gedrukt, wat een snelle identificatie van de ingestelde zender mogelijk maakt.

Bij het afstemmen van de ontvanger met druktoets of knop moet ook de wijzer langs de schaal worden bewogen. Deze beweging moet loodrecht op de bewegingsrichting van het schuifstuk J_1 geschieden. De meest voor de hand liggende wijze van koppeling tussen het afstemmechanisme en de wijzer bestaat in het toepassen van een over enkele rolletjes lopende snaar. In het hier beschreven toestel kon deze methode echter niet worden toegepast, omdat door de grote wrijving die hierbij optreedt, de vereiste grote nauwkeurigheid van het afstemmechanisme niet kon worden verkregen. Veel minder wrijving vertoont het toegepaste eenvoudige stangenmechanisme, dat in *fig. 8* is geschetst.

Het hoekstuk H_1 is om het vaste punt *1* draaibaar en draagt aan het einde *3* een pen die in een spleet in het schuifstuk J_1 (zie fig. 7) rust. Het uiteinde *2* is scharnierend bevestigd aan de strip H_2, die glijdend kan bewegen in een opening in de plaat Q. (De veer *4* houdt H_2 steeds tegen één zijde van deze opening gedrukt.) Aan het andere einde van H_2 is de wijzer H_3 bevestigd, en wel zodanig dat deze gemakkelijk afneembaar is. Op de met U aangegeven plaats bevindt zich de schaal. Men kan nu gemakkelijk aantonen dat een draaiing van H_1 (veroorzaakt doordat de pen *3* een beweging van het schuifstuk J_1 volgt) een vrijwel rechtlijnige beweging van H_3 ten gevolge heeft; bij de afmetingen van de onderdelen die in het toestel zijn toegepast, bedraagt de maximale afwijking van de rechte lijn slechts 0,3 mm. De wijzer beweegt zich hierdoor met een voldoende nauwkeurigheid vlak langs de schaal.

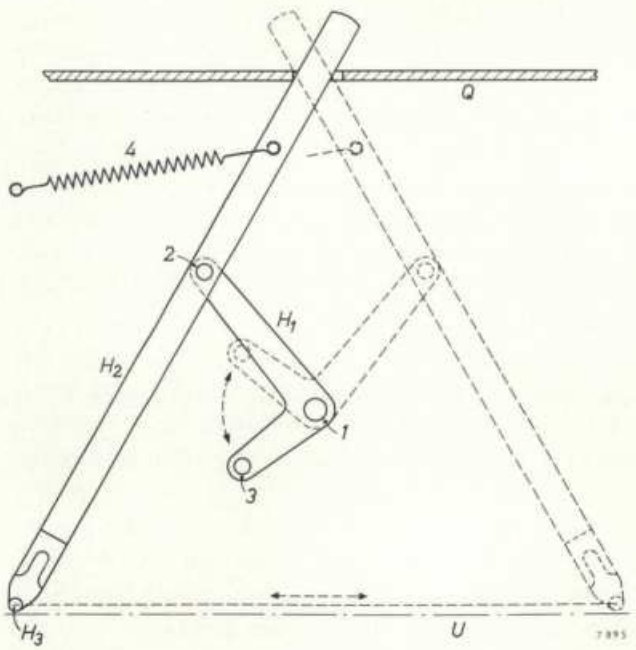


Fig. 8. Schets van het wijzermechanisme. H_1 hoekstuk met vast draaipunt *1*; het stuk draagt bij *3* een pen die schuift in een spleet in J_1 (zie fig. 7). H_2 strip, verbonden met H_1 in draaipunt *2*. Q plaat van het gestel. H_3 wijzer. U schaal.

De nauwkeurigheid

In het voorgaande hebben wij er reeds op gewezen dat van het afstemmechanisme een bijzonder grote nauwkeurigheid wordt verlangd. Wij willen dit illustreren met de volgende getallen. Bij de spoelen, zoals die in het toestel N5X04T zijn toegepast, wordt de totale variatie van de zelfinductiecoëfficiënt bereikt met een verschuiving van de ferrietkern van 15 mm. Hiermee wordt in de middengolfband een frequentiegebied van 1100 kHz bestreken. Verlangt men nu dat het toestel bij het indrukken van één der toetsen met een maximale afwijking van 0,5 kHz op de gewenste zender wordt afgestemd, dan is de gemiddelde nauwkeurigheid waarmee de verschuifbare kernen moeten worden ingesteld, gelijk aan $(0{,}5/1100)\times 15$ mm ≈ 7 µ. Deze maximaal toelaatbare afwijking is de som van de afwijkingen die kunnen ontstaan door een eventuele verkeerde fixering van de segmenten S (zie fig. 7) en door speling in, en deformatie van, het aandrijfsysteem. De onderdelen van dit systeem moeten daarom licht en zeer stijf zijn en er moet door middel van veren voor worden gezorgd dat eventuele speling in de verbindingen geen uitwerking op de te realiseren instelling heeft. Een mogelijke beweging van een eenmaal gefixeerd segment S ten opzichte van de drukstang E moet worden voorkomen door S in de gewenste stand zeer vast te klemmen. In *fig. 9* is de hiertoe gebezigde constructie geschetst. De drukstang, die in fig. 7 eenvoudigheidshalve als één geheel is getekend, bestaat in werkelijkheid uit twee ten opzichte van elkaar beweegbare gedeelten, die in fig. 9 met E_1 en E_2 zijn aangeduid. Het gedeelte E_1, dat de druktoets D draagt, is verschuifbaar in de bus *1*, die vast met E_2 is verbonden. Het segment S is draaibaar om de schroef *5*. In de figuur is de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

situatie getekend waarin S vrij beweeglijk is. Wordt nu E_1 ten opzichte van E_2 naar rechts bewogen, dan wordt door de bladveer *2* de gehard-stalen kogel *4* naar rechts gedrukt, ten gevolge waarvan de bladveer *3* de rand van het segment S vastklemt. Door het speciale profiel van *3* wordt hierbij een zeer grote hefboomwerking verkregen. De kracht waarmee S wordt vastgeklemd, bedraagt ongeveer 40 kg, wat voldoende is om ook bij veelvuldig gebruik iedere verdraaiing van het segment S te voorkomen.

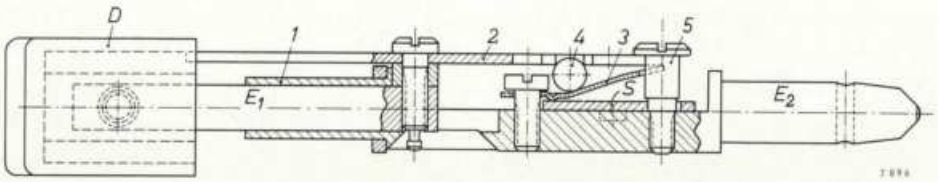


Fig 9. Doorsnede van het druktoetsmechanisme. E_1 en E_2 twee gedeelten van de drukstang, waarvan E_1 schuifbaar is in de bus *1* van E_2. *2* en *3* bladveren. S segment. *4* stalen kogel. *5* schroef. D toets.

Om een verschuiving van het segment S in het draaipunt te voorkomen, is het gat van S waar de schroef *5* doorheen steekt, niet rond, maar enigszins V-vormig (zie *fig. 10*). Hierdoor wordt bij het drukken van het segment S tegen het wiegstuk N (zie fig. 7) iedere speling hier ter plaatse vermeden.

De nauwkeurigheid waarmee het wiegstuk bij het indrukken van één der toetsen in dezelfde stand terugkeert, is o.a. afhankelijk van het koppel dat nodig is om dit onderdeel met het eraan bevestigde

Fig. 10. Segment dat in het druktoetsmechanisme wordt gebruikt (in fig. 7 en 9 aangeduid met S). De opening waarom het segment draaibaar is, is gedeeltelijk V-vormig.

schuifstuk J_1, de afstemkernen en het wijzermechanisme te bewegen. Dit koppel wordt voor een belangrijk deel bepaald door de wrijvingskoppeling waarmee de as A' van het wiegstuk bevestigd is aan het wormwiel W_2 (zie fig. 7). Behalve een vergroting van het koppel dat nodig is om bij stilstaand wormwiel het wiegstuk te verdraaien, heeft deze wrijvingskoppeling ook nog tot gevolg dat telkens na het indrukken van één der toetsen een kleine terugvering van het wiegstuk optreedt, die voornamelijk ontstaat doordat dit onderdeel bij het indrukken van een toets wordt getordeerd. Ook in de wrijvingskoppeling zelf kan terugvering optreden. Het gevolg van deze terugvering is een extrafout in de reproduceerbaarheid van de druktoetsafstemming.

Ook wanneer het toestel is afgestemd door middel van de knop K, kan eventueel enige terugvering in de wrijvingskoppeling optreden, voornamelijk door trillingen waaraan het toestel na het afstemmen wordt blootgesteld.

Hoe groot de nauwkeurigheid is die is vereist bij het instellen van het wiegstuk, moge blijken uit de volgende cijfers. De hoek waarover het wiegstuk maximaal kan draaien, is ongeveer 40°. In de middengolfband wordt hiermee een frequentiegebied van 1100 kHz bestreken. Stelt men de maximaal toelaatbare verstemming die ten gevolge van terugvering mag optreden, op 0,2 kHz, dan is de maximale waarde van de hoek waarover het wiegstuk mag terugveren $(0{,}2/1100)\times 40° = 26''$!

Om de mogelijkheid van terugvering van het wiegstuk zeer klein te maken, is een mechanisme aangebracht, waarmee telkens wanneer één der toetsen wordt ingedrukt, de wrijvingskoppeling tussen het wormwiel en de as van het wiegstuk buiten werking wordt gesteld. Dit mechanisme is in fig. 7 ter wille van de overzichtelijkheid weggelaten, doch in *fig. 11* afzonderlijk getekend. In deze figuur is tevens de wrijvingskoppeling in doorsnede getoond. Op de as A' van het wiegstuk N is het wormwiel W_2 los draaibaar, terwijl op deze zelfde as een membraan M van berylliumkoper vast is bevestigd. Deze membraan wordt door het drukstuk *1* in een kegelvormige uitsparing van het wormwiel W_2 gedrukt. Dit geschiedt door de veer *4* via de hefboom *3* en de schroef *2*. Wordt op één der toetsen gedrukt, dan beweegt het schuifstuk J_3 naar rechts

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(zie fig. 7), ten gevolge waarvan de hefboom *3*, tegen de werking van de veer *4* in, eveneens naar rechts beweegt. De druk van het drukstuk *1* op de membraan *M* wordt dan opgeheven, waardoor de koppeling tussen het wormwiel W_2 en de as *A'* buiten werking treedt. Wordt de toets losgelaten, dan wordt door de veer *4* de koppeling weer tot stand gebracht.

Een omstandigheid die eveneens invloed heeft op de nauwkeurigheid van het afstemmechanisme, is het feit dat bij het gebruik van één der toetsen het wiegstuk niet alleen wordt gedraaid, maar ook enigszins gebogen. In *fig. 12* is deze doorbuiging, ten gevolge van de kracht F_d van een druktoets, duidelijkheidshalve overdreven groot getekend. Wordt de toets losgelaten, dan verdwijnt deze doorbuiging weer. Doordat het wormwiel W_2, dat in contact is met de stilstaande worm W_1, bij doorbuiging en terugvering van het wiegstuk eveneens een beweging uitvoert, kan nu een draaiing van het wormwiel en het wiegstuk ontstaan, waarvan bij een ondoelmatige constructie een ontoelaatbare fout in de afstemming het gevolg kan zijn. Om een indruk te geven van de toelaatbare doorbuiging zij vermeld, dat een verplaatsing *f* van het wormwiel over een afstand van 5 μ een verstemming van 0,6 kHz van de ontvanger kan veroorzaken.

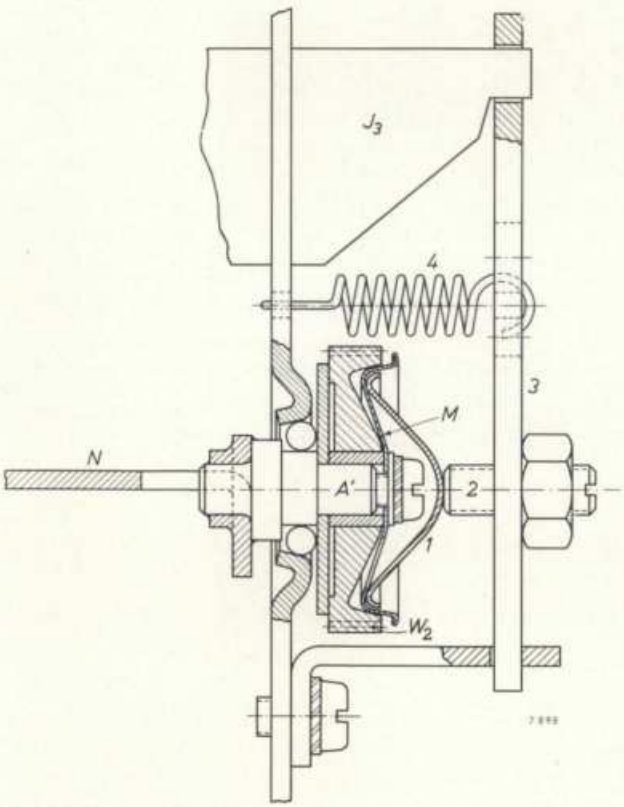


Fig. 11. Doorsnede van het mechanisme waarmee telkens wanneer op één der toetsen wordt gedrukt, de wrijvingskoppeling tussen de afstemknop en het wiegstuk buiten werking wordt gesteld. *N* wiegstuk met as *A'*. W_2 wormwiel. *M* membraan. *1* drukstuk. *2* schroef. *3* hefboom. *4* veer. J_3 schuifstuk.

De verplaatsing van het wormwiel die bij een bepaalde doorbuiging optreedt, is kleiner naarmate de afstand *a* tussen het hart van het rechter kogelleger en het hart van het wormwiel kleiner is. Om deze reden is dan ook de constructie zodanig uitgevoerd dat deze afstand zeer klein, nl. slechts 3 mm,

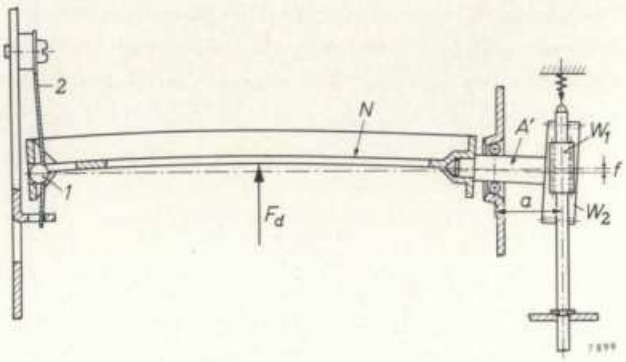


Fig. 12. Vereenvoudigde voorstelling van het wiegstuk *N* dat wordt gebogen door de kracht F_d van één der druktoetsen. W_1 worm. W_2 wormwiel. *1* stalen kogel. *2* bladveer. *a* afstand van hart wormwiel tot hart kogellager. *f* verplaatsing van het wormwiel ten gevolge van de doorbuiging van het wiegstuk.

kon worden gemaakt. Dit is onder andere bereikt door het rechter kogelleger aan de buitenzijde van het gestel aan te brengen en het wiegstuk aan de linkerzijde te voorzien van een kogeltaatsleger, waarvan de kogel *1* door de bladveer *2* naar buiten wordt gedrukt. Mede door het feit dat het wiegstuk een zodanig profiel heeft dat het zeer stijf is, is op deze wijze de fout in de afstemming die op de hier beschreven wijze ontstaat, tot een toelaatbare grootte gereduceerd.

Het huis van de ontvanger

Bij de constructie van het ontvangerhuis moet met twee belangrijke factoren rekening worden gehouden. In de eerste plaats moet het huis „elektrisch dicht" zijn, zodat de van de motor afkomstige storingen niet in het toestel kunnen doordringen. In de tweede plaats is het gewenst dat het toestel snel en gemakkelijk te openen en te sluiten is. Deze eisen komen met elkaar in conflict indien men een metalen huis vervaardigd waarvan de verschillende delen door middel van schroeven zijn verbonden. Om het geheel als een goede afscherming te kunnen laten fungeren, moeten dan nl. de delen op vele plaatsen een goed elektrisch contact hebben, zodat vele schroeven moeten worden gebruikt. Dit laatste staat dan weer het gewenste snelle openen en sluiten in de weg. Een bevredigende oplossing werd gevonden in een huis dat bestaat uit twee delen, die beide zijn voorzien van lippen, waarin een tweetal

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

pennen van roestvrij staal worden geschoven (*fig. 13*). De vele lippen gedragen zich ten opzichte van elkaar als even zovele zware contactveren, waardoor een goede elektrische afdichting is gewaarborgd.

Het koelblok *B* (zie fig. 4) wordt aan de achterzijde op het onderste huisdeel geschoven en wordt verder bij het sluiten van het huis tussen de beide delen hiervan geklemd. Met het onderste deel van het huis is het slechts door één schroef verbonden. Deze zelfde schroef wordt meestal ook gebruikt voor de bevestiging van het toestel in de auto. In deze gevallen kan het huis na demontage uit de auto werkelijk schroefloos worden genoemd.

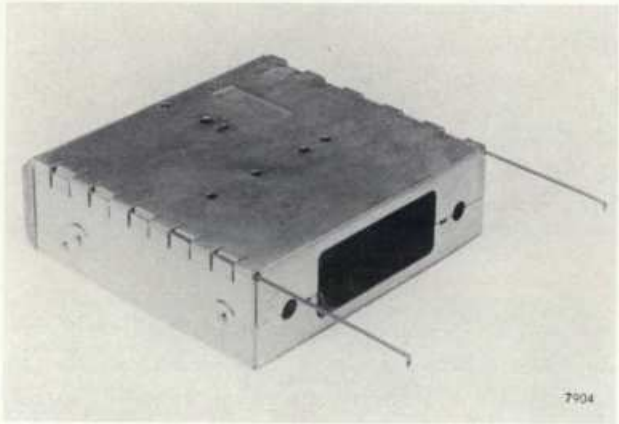


Fig. 13. De twee delen van het metalen huis zijn voorzien van lippen, die met elkaar worden verbonden door twee pennen van roestvrij staal, waardoor een goede elektrische afscherming wordt verkregen.

De bevestiging van de ontvanger in het instrumentenbord heeft plaats met behulp van een paar zware draadbussen, die concentrisch zijn aangebracht met de bedieningsassen. Wanneer de uitsparing in het instrumentenbord niet correspondeert met de afmetingen van het toestel, kan een speciale sierplaat worden gebruikt. Aan de achterzijde kan het apparaat desgewenst nog extra worden gesteund.

Fig. 14. Het complete autoradiotoestel N5X04T.

In *fig. 14* is een foto getoond van het complete toestel, terwijl in de titelfoto een in een auto gemonteerde ontvanger is afgebeeld.

Ook op andere dan de getoonde wijze kan het toestel in de auto worden gemonteerd: zo kan het b.v. in een ophangkap onder het instrumentenbord worden geplaatst.

Doordat de luidspreker niet in het toestel is ingebouwd, is men vrij deze op een willekeurige plaats in de auto te monteren. Desgewenst kunnen twee luidsprekers worden aangebracht, die parallel op de hiervoor aanwezige aftakking op de uitgangstransformator kunnen worden aangesloten.

Samenvatting. Na enkele beschouwingen over de eisen waaraan een autoradio moet voldoen, wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingsgang van deze toestellen in de laatste twintig jaar. Hierna wordt een beschrijving gegeven van één der nieuwste autoradiotoestellen, het type N5X04T, dat geheel is uitgerust met halfgeleiderelementen, nl. 10 transistors en 3 diodes. Achtereenvolgens worden behandeld de schakeling en de constructie. Daarbij wordt speciale aandacht besteed aan het afstemmechanisme, waarvan een bijzonder grote nauwkeurigheid wordt vereist om een goed reproduceerbare afstemming door middel van druktoetsen mogelijk te maken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvraag overdrukken.

2977: C. Berghout: Über die Suszeptibilität und den elektrischen Widerstand homogener und inhomogener Kupfer-Eisen-Legierungen (Z. Metallk. **52**, 179-186, 1961, no. 3).

Deze publikatie bevat in hoofdzaak een verslag van metingen van de elektrische weerstand en de magnetische susceptibiliteit van legeringen van koper met een uiterst fijn precipitaat van ijzer. Dit precipitaat ontstaat indien men de aanvankelijk homogene legeringen, die maximaal 1% Fe bevatten, op temperaturen rond 400 °C verhit. In deze toestand blijkt het midzijds kubische ijzer, dat normaal niet magnetisch is, een ferromagnetisch moment te bezitten. Dit moment verdwijnt weer als men te lang verhit. Laat men daarna echter een intensieve plastische deformatie volgen, die de conglomeraten van ijzeratomen weer fijner verdeelt, dan wordt het precipitaat weer magnetisch. Tevens treedt dan magnetische anisotropie op.

2978: R. van Strik: A method of estimating relative potency and its precision in the case of semi-quantitative responses (Proc. Symp. on quantitative methods in pharmacology, Leiden, 10-13 mei 1960, red. H. de Jonge, blz. 88-100, North-Holland Publ. Co., Amsterdam 1961).

Voor de bepaling van de werkzaamheid van biologisch actieve stoffen, b.v. geneesmiddelen, wordt in het algemeen de volgende proefopstelling gebezigd. Het te toetsen preparaat en een — kwalitatief equivalent — standaardpreparaat van bekende sterkte, worden ieder in een aantal opklimmende doses toegediend aan groepen biologische objecten, b.v. proefdieren. Aan elk object wordt de na toediening optredende (specifieke) reactie gemeten. De relatie tussen de sterkte van deze reactie en de toegediende dosis, de zg. dosis-werkingscurve, wordt voor beide preparaten afzonderlijk uit de gegevens afgeleid. Wordt de dosis op logaritmische schaal weergegeven, dan zijn de beide dosis-werkingscurven evenwijdig, mits de twee preparaten kwalitatief equivalent zijn. De horizontale afstand tussen de curven stelt dan de activiteitsverhouding van de twee preparaten voor, en hieruit kan de biologische activiteit van het te toetsen preparaat worden afgeleid. In de praktijk kan de relatie tussen de logaritme van de dosis en de sterkte van de reactie — of eventueel een eenvoudige transformatie hiervan — doorgaans over een voor de bepaling voldoend lang traject worden beschreven door een rechte lijn. In dat geval kunnen op betrekkelijk eenvoudige wijze de activiteitsverhouding en het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval worden berekend.

Een kwantitatieve beoordeling van een, overigens continu variërende, reactie is niet altijd mogelijk. In dergelijke gevallen worden de reacties veelal geclassificeerd in een aantal categorieën naar opklimmende graad van sterkte, die b.v. aangeduid worden met —, +, ++, +++, enz. In deze publikatie wordt een methode voorgesteld die in zo'n geval toch een kwantitatieve bepaling van de activiteitsverhouding met bijbehorende betrouwbaarheidsgrenzen mogelijk maakt. Deze methode komt neer op het rangschikken van alle oorspronkelijke reacties te zamen naar opklimmende graad van sterkte, in plaats van ze in categorieën in te delen. Op de zo verkregen rangnummers worden de geijkte berekeningsmethodes toegepast ter bepaling van de activiteitsverhouding en de betrouwbaarheidsgrenzen. De nauwkeurigheid van de methode, die met een voorbeeld wordt toegelicht, en de begrenzingen ervan worden uitvoerig behandeld.

2979: T. Kralt, H. D. Moed, V. Claassen, Th. W. J. Hendriksen, A. Lindner, H. Selzer, F. Brücke, G. Hertting en G. Gogolak: Reserpine analogues (Nature **188**, 1108-1109, 1960, no. 4756).

Reserpine is een in de natuur voorkomend alkaloïde met sedatieve werking, dat ook tegen hoge bloeddruk werkzaam is. Deze publikatie bevat een voorlopige mededeling over de synthese van een aantal verbindingen waarvan de chemische structuur verwant is met die van reserpine, en over een onderzoek naar mogelijke medische toepassingen. Enkele van de verbindingen vertonen inderdaad veelbelovende aspecten.

2980: J. H. Stuy: Radiation inactivation of intracellular transforming deoxyribonucleic acid (dissertatie Utrecht, 8 mei 1961).

De erfelijke eigenschappen van een levende cel zijn gelokaliseerd op vaste plaatsen van zeer langgerekte moleculen van desoxyribose en nucleïnezuur (DNA), die zich in de celkern (in de chromosomen, indien aanwezig) bevinden. Zo'n DNA-molecuul heeft een structuur als een bijzonder soort ladder: de tegen elkaar in spiraliserende balken worden gevormd door afwisselend suiker (desoxyribose) en fosfaat, de sporten bestaan uit organische basen. Men kan DNA uit bacteriën extraheren, waarbij waarschijnlijk de moleculen in stukken breken. Brengt men zulk geëxtraheerd DNA in contact met andere bacteriën van dezelfde soort, dan kan men in enkele gevallen bewerken dat deze bacteriën gedeelten van hun DNA-moleculen verwisselen voor overeenkomende brokstukken van het toegevoegde en opgenomen DNA (bacterietransformatie). Door het geëxtraheerde DNA een of meer eigenschappen („merkers") te laten bevatten die de ontvangende bacterie mist (b.v. resistentie tegen een bepaald antibioticum), kan men de transformatie kwantitatief onderzoeken.

In het in dit proefschrift beschreven onderzoek over letale beschadiging van bacteriën door straling is van bacterietransformatie gebruik gemaakt. Gebleken is dat zowel door ultraviolette straling (die niet ioniseert) als door röntgenstraling (die wel ioniseert) het DNA in de levende cel in de te verwachten mate wordt beschadigd. Er waren aanwijzingen dat de cel in staat was beschadiging door ultraviolette straling te repareren, maar blootstelling aan röntgenstraling gaf aanleiding tot een verdere intensieve afbraak van het DNA. Dit was waarschijnlijk het gevolg van activering van het in iedere cel aanwezige enzym desoxyribonuclease (DNase), dat DNA splitst. Verdere metingen hebben aangetoond dat DNA dat geproduceerd is in cellen die het vermogen tot onbeperkte deling hebben verloren (zulke cellen worden geïnactiveerd of gedood genoemd), biologisch normaal is.

Er is een vergelijkend onderzoek ingesteld naar de invloed van verschillende soorten straling, waarbij gebruik is gemaakt van drie gekoppelde merkers (dat zijn merkers die zich op hetzelfde brokstuk DNA bevinden). Uit dit onderzoek is gebleken dat de uitwerking van elektronenstralen zeer veel lijkt op die van het enzym DNase. Hieruit is geconcludeerd dat het voornaamste effect van elektronenstralen (en ook van röntgenstralen) bestaat uit het verbreken van esterbindingen tussen fosfaat en desoxyribose. Het effect van ultraviolette straling is voornamelijk een degradatie van de organische basen.

2981: W. Albers: Diffusion of arsenic in germanium from the vapour phase (Solid-state electronics **2**, 85-95, 1961, no. 2/3).

Onderzoek van de wijze waarop arseen een stuk germanium binnendringt dat zich in arseendamp bevindt. Van een kwartsglazen vat werd een gedeelte op 200 °C gehouden; in dit gedeelte bevond zich een stukje arseen. In een ander gedeelte, dat op hogere temperatuur werd gehouden (750, 800, 850 en 900 °C bij achtereenvolgende proeven), bevond zich een stuk germanium. Na zekere tijd (meestal $2\frac{1}{2}$ uur) werd de arseenconcentratie in het germanium bepaald als functie van de diepte onder het oppervlak. Uit deze metingen is de diffusieconstante D als functie van de temperatuur bepaald. D voldoet aan de relatie $D = D_0 \exp(E/kT)$ met $D_0 = 3$ cm^2 s^{-1} en E (de activeringsenergie van de diffusie) $= 56$ kcal mol^{-1}. Wat de arseenconcentratie in het germanium bij het oppervlak betreft, is het volgende gebleken. Is in het vat geen ander gas aanwezig dan arseendamp, dan maakt het een groot verschil of de verbinding tussen de op verschillende temperatuur gehouden gedeelten van het vat door een nauwe

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

capillair dan wel door een wijde buis zijn verbonden. Een nauwe capillair verhindert dat de arseendamp bij het germanium in merkbare wisselwerking treedt met de wanden van het koude gedeelte van het vat. De arseenmoleculen in de damp zijn dan veel sterker gedissocieerd dan wanneer een wijde verbinding de bedoelde wisselwerking bevordert. Het gevolg is dat bij een wijde verbinding de arseenconcentratie in het germanium veel lager is (meer dan een factor 10) dan bij een capillaire verbinding. Bevat het vat een inert gas, dan verhindert dit gas de wisselwerking met de koude wand ook als de verbinding wijd is, zodat zich dan geen verlaging van de arseenconcentratie in het germanium voordoet.

Bij de genoemde metingen kan de zg. thermische conversie als storend effect optreden. De middelen die zijn aangewend om deze storing te voorkomen, worden beschreven.

2982: J. A. Kok en C. E. G. M. M. van Vroonhoven: Aspects of electrical breakdown of liquid insulating material, II (Appl. sci. Res. **B 9**, 125-132, 1961, no. 2).

Elektrische doorslag van vloeibare isolatiematerialen kan worden voorkomen door de vorming van zepen of harsen. Deze worden geadsorbeerd door onzuiverheden die in de vloeistof zweven, en beletten daardoor dat deze deeltjes uitvlokken. Het is gebleken dat als zeep en hars tegelijkertijd worden toegevoegd, er bij een zekere ongunstige verhouding direct uitvlokking plaatsvindt. De werking van aromatische stabilisatoren of inhibitoren, die veelal stammen uit het onderzoek van verfstoffen, wordt verklaard. Zie ook deze publikaties nos. **2641** en **2554**.

2983: G. Krijl en J. L. Melse: Calorimetric determination of metal coating thicknesses on small objects (Trans. Inst. Metal Finishing **38**, 22-26, 1961, part I).

Bij het aanbrengen van een metaallaagje op in massa vervaardigde kleine voorwerpen is het gewenst dat men, gedurende het produktieproces, de dikte van dit laagje snel en nauwkeurig kan bepalen. De auteurs hebben een methode ontwikkeld waarbij de warmte die vrijkomt als het laagje in een geschikt oplosmiddel wordt opgelost, een maat levert voor de gezochte dikte. Er wordt gebruik gemaakt van een speciaal ontworpen eenvoudige calorimeter. Voor een bepaald voorwerp wordt de calorimeter geijkt door de vrijkomende warmte te bepalen voor een exemplaar waarop een metaallaagje van bekende dikte is aangebracht. Een groot voordeel is dat geen balans nodig is. De methode is met succes gebruikt bij zink en cadmium op staal, bij nikkel op niet-roestend staal, en bij zilver op fosforbrons.

2984: J. A. W. van Laar: Die Unterrostung von lackiertem Stahl — Entstehung, Bestimmung, Bekämpfung (Dtsch. Farben-Z. **15**, 56-67 en 104-116, 1961, nos. 2 en 3).

Als staal goed geverfd is, zal het niet doorroesten. Vanaf plaatsen waar de verf verwijderd is, b.v. door krassen, kan het roestproces zich echter onder de verf voortzetten, wat eventueel gepaard kan gaan met aantasting van de verf. Dit verschijnsel heet „onderroesten". Deze publikatie beschrijft een uitgebreid onderzoek naar onderroesten onder verschillende omstandigheden. Daar de normale methodes ter beoordeling van de mate van aantasting door roest hier niet bruikbaar zijn, is een speciale methode ontwikkeld. Deze komt erop neer dat men de snelheid meet waarmee het onderroesten zich voortplant loodrecht op een kras die op voorgeschreven wijze in de verf is aangebracht.

De theoretische en praktische aspecten van het onderroesten worden vergeleken met die van twee andere belangrijke aantastingsverschijnselen, nl. blaarvorming en verlies van hechting door de inwerking van zuiver water en van een zoutoplossing.

2985: J. G. van Santen en G. Diemer: Photorectifier based on a combination of a photoconductor and an electret (Solid-state electronics **2**, 149-156, 1961, no. 2/3).

Zie Philips techn. T. **23**, 329-335, 1961 (no. 10).

2986: M. T. Vlaardingerbroek en U. Weimer: Wisselwerking van plasma en elektronenbundel (Ned. T. Natuurk. **27**, 207-212, 1961, no. 6).

Als een met een hoogfrequent signaal gemoduleerde elektronenbundel door een gasontladingsplasma loopt, kan onder zekere omstandigheden deze modulatie aangroeien, wat mogelijkheden van versterking biedt. Deze publikatie geeft een beschouwing over het mechanisme dat aanleiding geeft tot het ontstaan van groeiende golven in zo'n systeem. Ze bevat tevens een beschrijving van een experiment waarmee het bestaan van deze golven wordt aangetoond.

2987: W. K. Hofker: Stralingsdetectie met P-N-overgangen in halfgeleiders (Ned. T. Natuurk. **27**, 213-217, 1961, no. 6).

Korte beschrijving van het werkingsprincipe en de eigenschappen van een nieuw type stralingsdetector, dat vooral voor de detectie van zware deeltjes (splijtingsprodukten, α-deeltjes, deuteronen) met voordeel gebruikt kan worden.

2988: W. van Gool: Fluorescence centres in ZnS (dissertatie Amsterdam, 18 jan. 1961).

In dit proefschrift worden de defectchemie van ZnS en het verband tussen de fluorescentie en de aanwezige roosterfouten besproken. Als inleiding tot het experimentele gedeelte worden enkele bekende aspecten van fluorescerend ZnS vermeld.

Het experimentele gedeelte beschrijft eerst de bereiding van fluorescerend ZnS en fotogeleidend CdS. Hierbij wordt veel aandacht besteed aan fosforen die alleen een coactivator (Al, Cl) bevatten, en aan fosforen met gelijke concentraties van activator (Cu, Ag of Au) en coactivator (Al, Sc, Ga of In). De spectrale verdeling van het fluorescentielicht is gemeten en de reproduceerbaarheid van de meting bestudeerd. De fluorescentie en de glimkrommen (Engels: glow-curves) van enkele series fosforen met toenemende concentratie der verontreinigingen zijn bij verschillende temperaturen gemeten.

In het theoretische gedeelte komt eerst de defectchemie van ZnS ter sprake. Vervolgens wordt een thermodynamische beschrijving van de wisselwerking van zuurstof met ZnS en CdS gegeven. De berekening is in drie delen gesplitst: het macroscopische fazendiagram, de samenstelling van de atmosfeer en de defectchemie van de sulfides. Daarna worden de voorwaarden afgeleid waaronder men poeder kan maken met een constante concentratie van in het kristalrooster opgenomen zuurstof en een variërende concentratie van zwavelvacatures, en omgekeerd.

Het resterende gedeelte van het proefschrift behandelt de interpretatie van de experimentele gegevens in verband met de defectchemie en de positie van de energieniveaus. Als de concentraties van activators en coactivators niet gelijk zijn, zijn er vele mogelijkheden denkbaar hoe deze verontreinigingen in de kristallen zijn opgenomen. De thans beschikbare experimentele gegevens zijn ontoereikend om dit uit te maken. De voornaamste oorzaak hiervan is dat onze kennis van vacatures en interstitieel geplaatste atomen nog zeer gering is.

Als de concentraties van activators en coactivators gelijk zijn, kunnen positievere conclusies getrokken worden. Bij de interpretatie van de verschijnselen wordt associatie van de toegevoegde verontreinigingen verondersteld. Het voorgestelde model is toereikend voor een kwalitatieve verklaring van de gemeten fluorescentie, van haar afhankelijkheid van de temperatuur en van de glimkrommen. Andere, in de literatuur gegeven, interpretaties worden besproken. In het laatste hoofdstuk wordt aangegeven welke onderzoekingen de beste informatie zullen opleveren bij het verdere onderzoek van de fluorescentie en de defectchemie van ZnS.

2989: C. M. Hargreaves: On the growth of sapphire microcrystals (J. appl. Phys. **32**, 936-938, 1961, no. 5).

Microkristallen van saffier (α-Al_2O_3) kunnen worden gemaakt door aluminium te oxyderen in een waterstofstroom die een weinig waterdamp bevat. Sommige van de gevormde kristallen hebben de vorm van uiterst dunne naalden, de zg. whiskers, andere die van zeer dunne plaatjes. Bij vele stoffen groeien zulke kristallen doordat zich materiaal hecht aan de trappen die door schroefdislocaties op het oppervlak worden gevormd. Bij Al_2O_3 is het echter niet zeker dat zich dit groeimechanisme voordoet. De in deze publikatie beschreven optische en elektronenmicroscopische onderzoekingen hebben er althans geen aanwijzingen voor opgeleverd. Uit thermodynamische berekeningen volgt dat — in tegenstelling met een bewering dienaangaande in de literatuur — het transport van Al in de dampfaze gedurende de groei van de saffierkristallen zeer waarschijnlijk gebeurt door middel van Al_2O en niet van AlO.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!